

149

SSAB**Thesis****By E. Pals, 1949****Analysis of Ljungstrom Oil
and Its Use as Liquid Fuel**

beträffande reabränsle.

Om jag är rätt underrättad använder Flygvapnet i huvudsak två slags rea-bränslen, MC 75 och MC 77. Av dessa utgöres det första av en fraktion, som i kokpunktshänseende i huvudsak ligger mellan 200 och 300° med en högsta aromathalt av 20 % och en svavelhalt på max 0,20 %. Apparativ utrustning för produktion av reabränsle av denna kvalitet finns icke i Kvarntorp. Det senare, MC 77, är tydligt det bränsle som i första hand intresserar Flygvapnet, är en produkt, som i kokpunktshänseende i huvudsak ligger mellan 100 och 205° , med en högsta aromathalt av 25 %, en max. svavelhalt av 0,4 % och ett bromtal på max. 3.

Med nuvarande kapacitet i Kvarntorp (cirka 120.000 m³ olja/år) kan av denna fraktion framställas cirka 20.000 m³. Aromathalten på denna ligger emellertid omkring 30 %, svavelhalten omkring 0,3 %, medan bromtalet är väsentligt mycket högre än 3. Detta senare beror på hög halt av olefiner. Om denna fraktion skulle uttagas och användas som reabränsle erhålls samtidigt cirka 15.000 m³ bensin med lägre kokpunkt. Denna kan icke användas direkt utan måste inblandas i tyngre bensin. För att reabränsle-fraktionen skall fylla normerna, måste den underkastas en hydrering, vilket kommer att ske i det planerade raffinaderiet. Härvid torde praktiskt taget alla olefiner hydreras och kanske så stor del av aromaterna, att deras halt icke kommer att överstiga 25 %. Kvantiteten blir oförändrad eller cirka 20.000 m³/år. Den lätta fraktionen kommer också att förefinnas i oförändrad kvantitet.

Om verket skulle bestå av endast en Ljungströmsanläggning ökar den kvantitet MC 77, som kan produceras. Man kan i stort sett räkna med att Ljungströmsoljan ger dubbelt så mycket MC 77 som ugnsoljan. Om Ljungströmsanläggningen skall utökas men ingen utbyggnad av verket för övrigt sker, måste tillverkningen av ugnsolja minska med motsvarande mängd, enkr biproduktanläggningarna redan i dag är fullbelagda. Det nya raffinaderiets kapacitet beräknas bli 50 % större än det nuvarande, vilket skulle betyda, att om råvara finns i tillräcklig mängd skulle cirka 30.000 m³ MC 77 kunna tagas fram.

Förutsättes sålunda att ett nytt raffinaderi finns men ingen utbyggnad av verket får hvrigt föreligger bortsett från att en del ugnssolja ersättas med motsvarande mängd Ljungströmsolja genom utbyggnad av Ljungströmsfältet och nedläggning av vissa ugnsheter skulle den maximala produktionen av MC 77 bli cirka 30.000 m³/år.

Man törde kunna räkna med att igångkörning av ett Ljungströmsfält tar ungefär 5 månader och ytterligare någon månad tills man har nått full produktion.

Destillationsanläggningens kapacitet är maximalt 45.000 m³/år.

Märkes Kvarntorp den 12.2.59.

G. O. Nyström

Undersökning av den toppade hydrosyrae
Livngesträmljen med avseende på dess
lämpelighet som diesels- och reaktionsbränsle.

Exemensarbete VT 1942.

av Ernst W. van der Pals, C.T.H.

Företal.

Föreliggande arbete har under våren 1949 utförts som
examinsarbete vid Destillationslaboratoriet, Närkes Kvarntorp.
Det terde få betraktas som ett värdefullt led i de här pågående
undersökningarna av 200 - 300°-fraktionen av den svenska
skifferoljen, eftersom dess resultat ické ger anledning till någon
större optimism beträffande den omedelbara praktiska användningen
av den hydratrade Ljungströmsoljan, ätminstone inte så
som dieselbränsle. Som reaktionsbränsle kan den möjligen komma
till användning, om motorerna kunna tillgodogöra sig den höga
aromathalten men beakt i denna fråga kan erhållas först när
en standardisering provmotor utår till förfogande.

Litteratursammanställningarna och metodbeskrivningarna i
arbetet ha stor betydelse för våra fortsatta undersökningar
på området.

Närkes Kvarntorp den 24/5 1949.

R. Bille

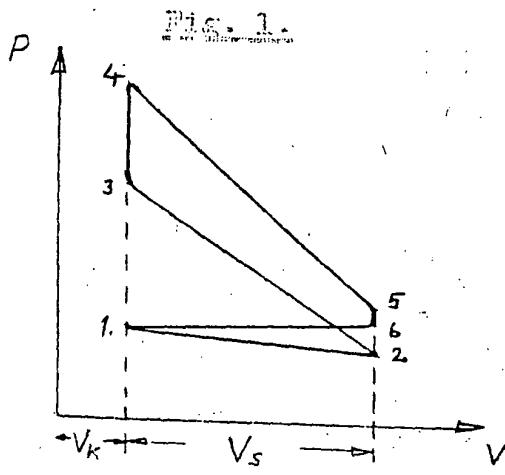
Innehållsförteckning.

	Sid.
Undersökning av den toppade hydrerade Ljungströmoljan med avseende på dess lämplighet som diesel- och reaktionsbränsle 1 Inverkan av dieselbränslets sammansättning på motordrift och lagring	14
Principen för reaktions- och gasturbinmotorer	23
Egenskaper hos och fordringar för reaktionsbränslen	25
Hydreringen av Ljungströmoljan	35
Undersökning av den toppade hydrerade Ljungströmoljan	38
Resultat av undersökningen	46
Bilaga	48
Litteraturförteckning över analys av fotogeners och tyngre oljors sammansättning	55
Litteraturförteckning	57
Normer för dieselbränslen	58
Normer för reaktionsbränslen	59

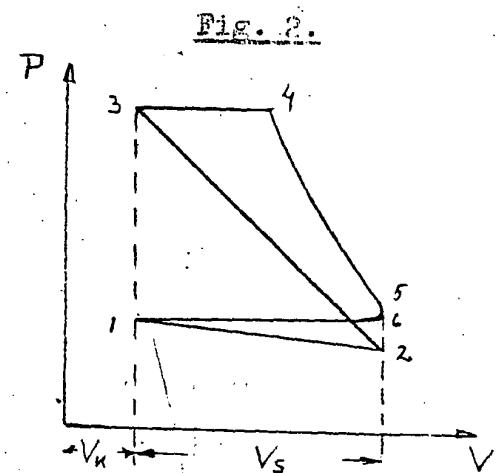
Undersökning av den toppade hydrerade Ljungströmpoljen med avseende på dess lämplighet som diesel- och reaktionsbränsle.

Hänsestan mellan bensinmotorn och dieselmotorn. (1).

Den principiella skillnaden mellan verkningsmåttet för en bensinmotor och en dieselmotor är den, att förbränningen i bensinmotorn sker vid konstant volym medan den i dieselmotorn sker vid konstant tryck.



Ideellt indikatordiagram
för en 4-takts bensinmotor.



Ideellt indikatordiagram
för en 4-takts dieselmotor.

- 1 - 2 Takt 1 = Insugningsslaget
- 2 - 3 Takt 2 = Kompressionsslaget
- 3 - 4 Förbränning
- 4 - 5 Takt 3 = Expansionsslaget
- 5 - 6 Utblåsning
- 6 - 1 Takt 4 = Avgaserna utskjutes

Fig. 1 visar indikatordiagrammet för en ideellt arbetande 4-takts bensinmotor. Bränsle-luftblandningen inkommer under insugningsslaget och antändes (med tändstift eller tändpåannat sätt). Vid kompressionsslagets slut. I den idealala motorn sker förbränningen momentealt. I praktiken kan dock i princip inte en momentan förbränning åstadkommas, en vågfront utvecklas och vandrar genom den obrända bränsle-luftblandningen. Av utslagsgivande betydelse är kompressionsförhållandet.

$\frac{V_k + V_a}{V_k}$, se fig. 1). Vid ökande kompressionsförhållande blir

temperaturen för bränsle-luft blandningen vid antändningen, högre, och risken för knackning ökas. För moderna bensiner ligger maximala kompressionsförhållandet omkring 7:1.

Fig. 2 visar indikatordiagrammet för en ideellt arbetande 4-takts dieselmotor. I denna komprimeras endast luft och bränslet sprutas in i cylindern vid kompressionsslagets slut. (I Hesselman och tändkulemotorer, som arbeta med både volym och tryckökning under förbränningen, insprutas bränslet under kompressionsslaget). Det vid kompressionen utvecklade värmet antänder bränslet. I den ideala motorn förbrinner bränslet under konstant tryck d.v.s. kolven rör sig en viss vevvinkel under förbränningen. I praktiken kan man dock inte undvika en viss tryckökning. Kompressionsförhållandet bör vara avsevärt högre än hos bensinmotorn, då det ju är kompressionsvärmet som antänder bränslet. För moderna motorer varierar kompressionsförhållandet mellan 14:1 och 17:1.

För att erhålla en god motoreffekt fordras för det första god fördelning av bränslet i cylindern och tillräckligt finfördelning av oljedropparna. Problemet är komplicerat eftersom blandningen av luft och bränsle måste ske under mycket kort tid. Dieselmotorn har en tid motsvarande c:a 30 graders vevvinkel att erhålla en god luft-bränsleblandning medan bensinmotorn kan disponera 360 graders vevvinkel.

För det andra sträver man efter att uppnå god effekt med den intagna luftmängden, eftersom större luftmängd betyder större kompressionsarbete och således en minskning av vunnet arbete. Det är således av vikt att bränsle-luft blandningen tändar sig omedelbart vid bränsleinsprutningen. Bränslets förmåga att tända snabbt anges av tändfördöjningen. Denna definieras som tidsperioden, eller vevvinkeln, mellan början av bränsleinjektionen och början av förbränningen, och påverkas av följande faktorer.

1. Fysikaliska faktorer, innehållande den tid som är nödvändig för att värma och förgasa bränslet. De är beroende av finfördelning turbulens, temperatur och tryck.

2. Kemiska faktorer, innehållande den tid som fordras för att reaktionsvärmet, utvecklat vid lokala förbränningspunkter, skall böja bränsle-luft blandningen till förbränningstemperaturen.

Dessa påverkas i hög grad av bränslets sammansättning.

Då antändningen fördröjes samlar sig mer och mer bränsle i cylindern tills förbränningstemperaturen uppnås. Hela den intagna bränslemängden förbrinner då på en gång och ger upphov till en tryckvåg som åstadkommer knackning. Härav följer minskad motor-effekt, starkare rökutveckling, utspädning av cylinderoljan och koksavlagringar i cylindern och på kolven. Åtgärder som underlättar bränslets oxidation, såsom förbättrad bränsletillförsel högre kompressionsförhållande m.m. minskar tändfördräjningen och risken för knackningar.

Fordringar på och egenskaper hos dieselbränslen.

De fordringar man ställer på ett dieselbränsle kanna indelas i följande huvudgrupper. (2).

1. Tändvillighet (Ignition Quality).	<u>Analysmetod</u> Cetantalet m.fl. motsvarande fysikaliska konstanter.
2. Renhet	Sediment, vattenhalt ashalt, (hartstal).
3. Flytbarhet och finfördelningsförmåga	Viskositet lägsta flyttemperatur.
4. Flytighet	ASTM-distillation, flampunkt, förkoksningsstal
5. Korrosion	Svavelhalt, fri syra korrosivt svavel.

Tändvilligheten.

Tändvilligheten är ett mått på den tid, eller vevvinkel, som förflyter mellan början av bränsleinjektionen och början av förbränningen. Ju kortare tid -- ju bättre tändegenskaper hos bränslet. Tändvilligheten uttryckes av cetantalet. Detta definieras som -- och är numeriskt lika med den volymprocent cetan (n-hexadekan), i en blandning av cetan och α -metylnaftalin, som har samma tändfördräjning som bränslet.

Cetantalet bestämmes i en speciell provmotor, kallad CFR-motorn (CFR = Cooperative Fuel Research committee.) (3,13) Bestämmningen kan ske på två sätt, dels genom mätning av den vevvinkel som motsvarar tändfördräjningen, (Ignition Delay Method) eller genom att mäta kritiska kompressionsförhållandet, d.v.s. det minsta kompressionsförhållande som fordras för att dieselbräns-

let shall tända (Critical Compression Ratio Method). De båda metoderna ge högst avvikande värden och den första användes allmänt.

Cetan är ett rent paraffinkolväte och förbrinner lätt. Doss cetantal har valts till 100. α -metylnaftalin har en mycket lång tändfördöjning och dess cetantal har valts till 0.

I CFR-motorn provas först bränslet, och därefter olika blandningar av cetan och α -metylnaftalin. Volymprocenten cetan i den blandning, som ger samma tändfördöjning som projektet, anger doss cetantal. I stället för cetan och α -metylnaftalin användes ofta speciella jämförelsebränslen, som blandas med varandra i olika förhållanden. Undersökningar över fäbränningstidslöpet ge vid handen att krackning troligen föregår förbränningen. Därför förbränns paraffiniska ämnen, som är termiskt mer instabila än aromater och naftener, lättare och snabbare. Paraffinhalten och andra fysikaliska konstanter kan därför ge ett mätt på dieselbränslets lämpighet. En mängd konstanter och formler ha utarbetats, och många användas alltjämt. Bland dessa kan nämnas (1) (2).

a). Anilinpunkten (den temperatur vid vilken lika delar anilin och olja bli fullt blandbara med varandra). Denna stiger med ökande paraffinhalt och ger således ett mätt på oljans paraffiniska karaktär.

b). Dieselindex:

$$\text{Dieselindex} = \frac{\text{Anilinpunkt } ({}^{\circ}\text{F}) \times \text{API } (60 {}^{\circ}\text{F})}{100}$$

API = specifika vikten omräknad i API-enheter.

Dieselindex ökar med stigande cetantal. Det är en av de mest använda konstanternas.

c). "Viscosity - Gravity constant" användes för att karakterisera paraffiniteten i smörjoljor. En modifierad form kan användas för dieseloljor:

$$A = \frac{10 G - 1,0752 \log (V - 38)}{10 - \log (V - 38)}$$

A = Viscosity - Gravity Constant.

G = Specifik vikt vid 60 ${}^{\circ}\text{F}$

V = Viskositet i SSU (Sekunder Saybolt Universal) vid 100 ${}^{\circ}\text{F}$

Konstanten minskar med ökande cetantal.

d). "Boilingpoint - Gravity Index"

$$G = (A + 68 - 0,703 A) \log B.P.$$

G = grader API vid 60°F

A = Boilingpoint - Gravity Index

BP = Temperaturen för 50 procent överdestillerat vid ASTM destillation, i $^{\circ}\text{C}$.

Faktorn minskar med stigande cetantal.

e). UOP karakteriseringefaktor

$$k = \frac{(T_b)}{S}^{1/3}$$

k = karakteriseringefaktorn

S = specifik vikt vid 60°F

T_b = molara medelkolkpunkten i grader Rankine ($^{\circ}\text{F} + 460$)

För dieseloljor användes 50 % destillationstemperaturen i grader Rankine.

Faktorn ökar med ökande cetantal.

f). Blandningsoktantal. Detta beräknas ur oktantalet för en blandning av 25 % dieselbränsle och 75 % referensbensin med känt oktantal, på följande sätt:

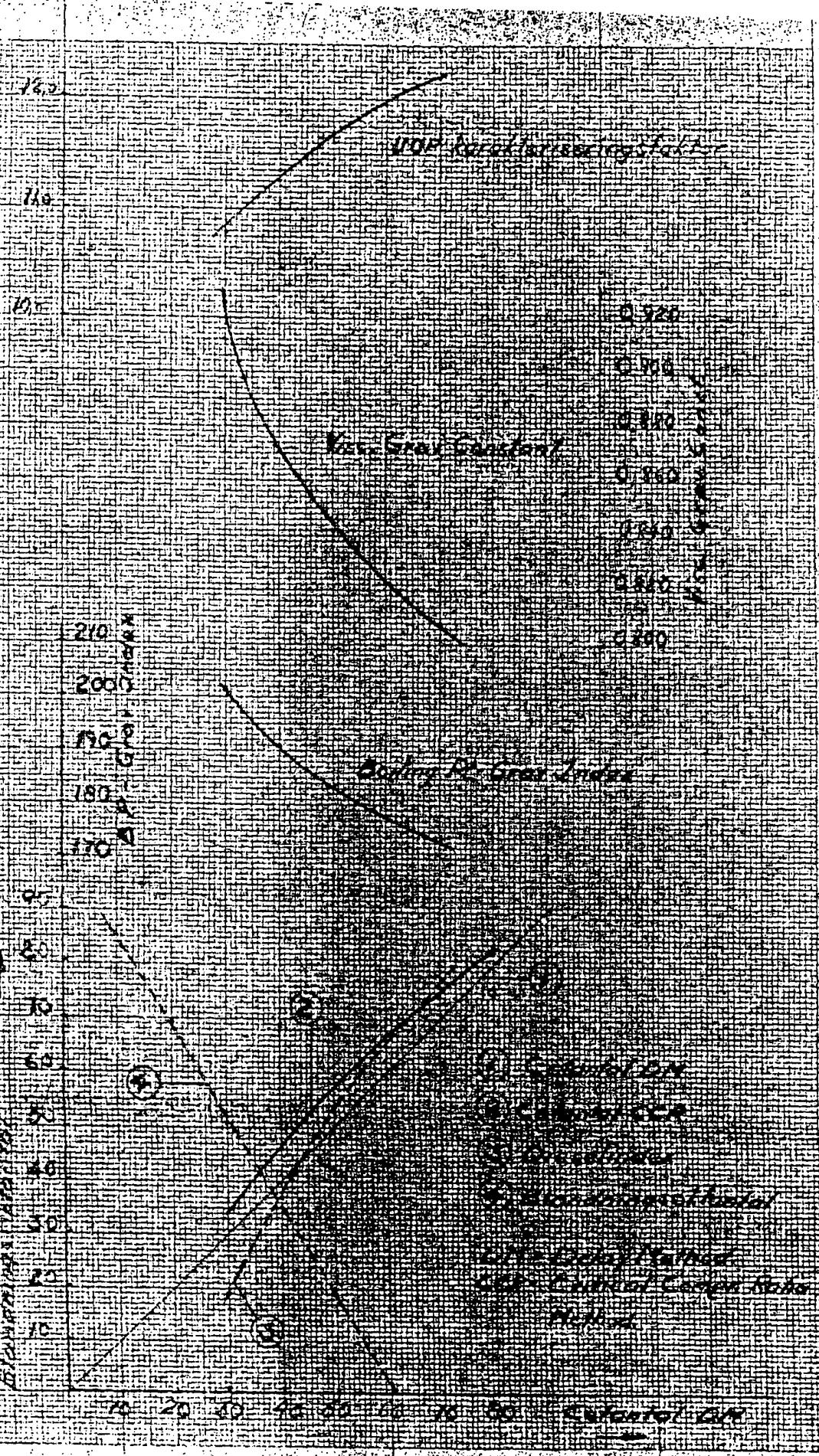
0,25 (Blandningsoktantal) + 0,75 (referensoktantal) = oktantalet för dieselolje- bensinblandningen. Blandningsoktantalet (Blanding Octane Number) minskar med stigande cetantal.

Fig. 3 visar de olika konstanternas variation med cetantalet.

Många av dessa konstanter har den nackdelen att de påverkas av råoljans natur och därfor endast ge pålitliga värden vid jämförande prov på dieseloljor av samma typ.

Olika laboratorier ha utarbetat formler enligt vilka ett cetantal kan beräknas, som numeriskt överensstämmer med det som erhålls i CFR-motorn. En kommitté vid Institute of Petroleum i London (4) jämförde dessa formler och beräknade felprocenten i dem. Tabell 1 anger respektive formler och den noggrannhet de ge.

1000 ft. Geologic Cross Section



Tabell 1.

C.N. = cetantal; D.I. = dieselindex; M.B.Pt = medelkokpunkt
 d.v.s. temperaturen för 50 % överdestillerat vid ASTM destilla-
 tion. S G = specifik vikt.

	Formel	Noggrannhet: % inom angivna värden		
		±2	±3	±5
1.	C.N. = $\frac{2}{3}$ D.I. + 0,068 M.B.Pt ($^{\circ}$ F) - 22	53	67	92
2.	C.N. = $\frac{2}{5}$ D.I. + 14	45	60	87
3.	C.N. = $\frac{D.I. \times M.B.Pt ({}^{\circ}F)}{810} + 14$	39	63	92
4.	C.N. = $\frac{D.I. \times M.B.Pt. ({}^{\circ}F)}{790} + 13$	23	5	82
5.	C.N. = $\frac{2}{3}$ D.I.	42	53	72
6.	C.N. = $\frac{2}{3}$ D.I. + 0,068 M.B.Pt ($^{\circ}$ F) - 0,685 API + 10,5	41,5	61	91,5
7.	C.N. = 0,18 A.P.I. - 10,5	10,5	17,5	--
8.	C.N. = 0,372 x (Anilinpunkt) - 7	40	53	82
9.	C.N. = $\frac{M.B.Pt ({}^{\circ}C)}{5 \cdot (Sg)^4} - 56$	29	39	69
10.	C.N. = 175,4 log (M.B.Pt $^{\circ}$ F) + 1,98 API - 496	60	77	94

Formelerna provades på sammanlagt 102 dieselbränslen, varvid formel 10 visade sig vara den noggrannaste (se tabell 1). Denne kontrollerades med ytterligare 579 dieseloljor.

Av dessa gav:

$$70\% \text{ ett fel} = < \pm 2 \text{ cetantal}$$

$$83\% \text{ ett fel} = < \pm 3 \text{ "}$$

$$94\% \text{ ett fel} = < \pm 5 \text{ "}$$

Dock har man ej stor erfarenhet av skifferoljor och hydrarade oljor. En skifferolja med cetantalet 57 fick enligt formeln ett cetantal = 57, och en hydrerad olja med cetantalet 48 fick ett cetantal = 51.

Det föreslås av kommittén att cetantalet beräknat enligt nedanstående formel kallas "cetanindex".

$$\text{Cetanindex} = 175,4 \log (\text{Medelkokpunkt } ^\circ\text{F}) + 1,98 \text{ API}^\circ - 496.$$

Med medelkokpunkten menas temperaturen för 50 % överdestillerat vid ASTM-destillation. Med nomogrammet i fig. 4 kan cetanindex lätt beräknas. Formeln gäller ej för bränslen innehållande cetantalskjudande tillsatsmedel.

En annan metod för beräkning av cetantalet, som inte ingår bland de förutnämnda, har utarbetats av Heinze, Marder och Vorberg (5, 6). Vid utvecklandet av denna metod påstod Heinze och Marder att kokpunktsindex är ett mått på molekylstorleken och anger lättheten att kracka, samt att specifika vikten anger oljans paraffiniska eller aromatiska karaktär. Cetantalsbestämningen tillgår på följande sätt:

Specifika vikten vid 15°C bestäms med aerometer med tre decimalers noggrannhet. Kokpunktsindex (SKZ) beräknas ur ASTM destillationskurvan på följande sätt:

Temperaturerna för 5, 15, 25 o.s.v. till 95 % överdestillerat summeras och divideras med 10. Om oljan börjar kracka före 95 % överdestillerat, summeras temperaturerna för de 10 graders fraktioner som destillerat över, och summan divideras med antalet fraktioner. Ur tabell 2 fås ett cetantal (CaZ_{300}) hänförande sig till kokpunktsindex 300°C , för den specifika vikt provet har. Detta cetantal korrigeras sedan med en korrektionsfaktor (CaZ_{korr}) som fås ur tabell 3 och motsvarar provets kokpunktsindex (SKZ). Korrektionen utföres enligt följande ekvationer.

$$\text{CaZ}_{\text{lab.}} = \text{CaZ}_{300} - \text{CaZ}_{\text{korr.}} \text{ om SKZ } 300^\circ\text{C}$$

$$\text{CaZ}_{\text{lab.}} = \text{CaZ}_{300} + \text{CaZ}_{\text{korr.}} \text{ om SKZ } 300^\circ\text{C}$$

Fig. 5 visar ett nomogram med vilket $\text{CaZ}_{\text{lab.}}$ direkt kan beräknas.

För att pröva metoden noggrannhet beräknades CaZ för 60 dieseloljor med kända cetantal, härstammande från olika råoljor, syntetiska bränslen m.m. Tabell 4 visar noggrannheten i denna metod. Den kan inte användas för bränslen med cetantalshöjande tillstsatsmedel eller oljeblandningar av mycket varierande sättning.

Tabell 4.

65 % av proven visade ett fel	≤ 2	cetantal
85 % "	"	≤ 3
95 % "	"	≤ 4

Nomogram For Cetaninax

175,419 MBPI 5F + 198 API - 498

700 - 876

680 - 560

660 - 550

640 - 540

620 - 530

600 - 520

580 - 516

560 - 500

540 - 490

520 - 480

500 - 450

480 - 420

460 - 390

440 - 360

420 - 330

400 - 300

380 - 270

360 - 240

340 - 210

320 - 180

300 - 150

280 - 120

260 - 90

240 - 60

220 - 30

200 - 0

80
70
60
50
40
30
20

0.74
0.75
0.76
0.77
0.78
0.79
0.80
0.81
0.82
0.83
0.84
0.85
0.86
0.87
0.88
0.89
0.90
0.91
0.92
0.93

Г.р.т. 15°С	345,00	350,00	355,00	360,00	365,00	370,00	375,00	380,00	385,00	390,00	395,00	400,00
0,760	112	110	108	106	104	102	100	98	96	94	92	90
4,6	210	208	206	204	202	200	198	196	194	192	190	188
8	106	104	102	100	98	96	94	92	90	88	86	84
0,770	0,780	0,790	0,800	0,810	0,820	0,830	0,840	0,850	0,860	0,870	0,880	0,890
2	0,762	0,764	0,766	0,768	0,770	0,772	0,774	0,776	0,778	0,780	0,782	0,784
4	0,764	0,766	0,768	0,770	0,772	0,774	0,776	0,778	0,780	0,782	0,784	0,786
6	0,766	0,768	0,770	0,772	0,774	0,776	0,778	0,780	0,782	0,784	0,786	0,788
8	0,768	0,770	0,772	0,774	0,776	0,778	0,780	0,782	0,784	0,786	0,788	0,790
0,780	0,782	0,784	0,786	0,788	0,790	0,792	0,794	0,796	0,798	0,800	0,802	0,804
2	0,782	0,784	0,786	0,788	0,790	0,792	0,794	0,796	0,798	0,800	0,802	0,804
4	0,784	0,786	0,788	0,790	0,792	0,794	0,796	0,798	0,800	0,802	0,804	0,806
6	0,786	0,788	0,790	0,792	0,794	0,796	0,798	0,800	0,802	0,804	0,806	0,808
8	0,788	0,790	0,792	0,794	0,796	0,798	0,800	0,802	0,804	0,806	0,808	0,810
0,790	0,792	0,794	0,796	0,798	0,800	0,802	0,804	0,806	0,808	0,810	0,812	0,814
2	0,792	0,794	0,796	0,798	0,800	0,802	0,804	0,806	0,808	0,810	0,812	0,814
4	0,794	0,796	0,798	0,800	0,802	0,804	0,806	0,808	0,810	0,812	0,814	0,816
6	0,796	0,798	0,800	0,802	0,804	0,806	0,808	0,810	0,812	0,814	0,816	0,818
8	0,798	0,800	0,802	0,804	0,806	0,808	0,810	0,812	0,814	0,816	0,818	0,820
0,800	0,802	0,804	0,806	0,808	0,810	0,812	0,814	0,816	0,818	0,820	0,822	0,824
2	0,802	0,804	0,806	0,808	0,810	0,812	0,814	0,816	0,818	0,820	0,822	0,824
4	0,804	0,806	0,808	0,810	0,812	0,814	0,816	0,818	0,820	0,822	0,824	0,826
6	0,806	0,808	0,810	0,812	0,814	0,816	0,818	0,820	0,822	0,824	0,826	0,828
8	0,808	0,810	0,812	0,814	0,816	0,818	0,820	0,822	0,824	0,826	0,828	0,830
0,810	0,812	0,814	0,816	0,818	0,820	0,822	0,824	0,826	0,828	0,830	0,832	0,834
2	0,812	0,814	0,816	0,818	0,820	0,822	0,824	0,826	0,828	0,830	0,832	0,834
4	0,814	0,816	0,818	0,820	0,822	0,824	0,826	0,828	0,830	0,832	0,834	0,836
6	0,816	0,818	0,820	0,822	0,824	0,826	0,828	0,830	0,832	0,834	0,836	0,838
8	0,818	0,820	0,822	0,824	0,826	0,828	0,830	0,832	0,834	0,836	0,838	0,840

Tabel 3.

Korrektion av Cetental för varierande kokpunktsindex. (SEZ).

SEZ funnen	CaZ _{korr}	SEZ funnen	CaZ _{korr}	SEZ funnen	CaZ _{korr}
200	40,0	250	17,5	300	0,0
202	39,0	252	17,0	302	0,5
204	38,0	254	16,0	304	1,0
206	37,0	256	15,0	306	1,5
208	36,0	258	14,5	308	2,5
210	35,5	260	13,5	310	3,0
212	34,5	262	13,0	312	3,5
214	33,5	264	12,0	314	4,0
216	32,5	266	11,0	316	4,5
218	31,5	268	10,5	318	4,5
220	31,0	270	10,0	320	5,0
222	30,0	272	9,0	322	5,5
224	29,0	274	8,5	324	6,0
226	28,0	276	7,5	326	6,0
228	27,0	278	7,0	328	6,5
230	26,0	280	6,5	330	7,0
232	25,5	282	5,5	332	7,5
234	24,5	284	5,0	334	7,5
236	24,0	286	4,5	336	8,0
238	23,0	288	3,5	338	8,0
240	22,0	290	3,0	340	8,5
242	21,0	292	2,5	342	8,5
244	20,0	294	2,0	344	9,0
246	19,0	296	1,0	346	9,0
248	18,0	298	0,5	348	9,5

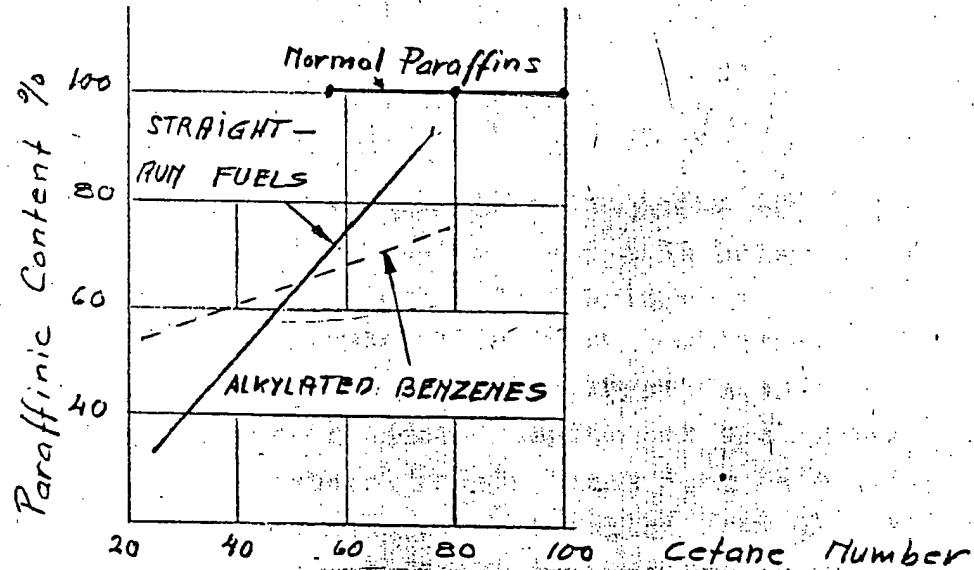
Cetantalet enligt Marder kallas i fortsättningen Caz (Cetanzahl) för att undvika sammanblandning med de andra konstanterna. På de hydrerade oljefraktionerna ha Dieselindex, Cetanindex och Caz beräknats. (Se tabell 15 och fig. 18.)

Cetantalets förhållande till dieseloljans sammansättning.

Undersökningar över förbränningensförloppet i cylindern visa att en krackning troligen föregår förbränningen. Paraffiner, som är termiskt mer instabila än aromater och naftener krackas och antändes lättare och ha högt cetantal. Aromaterna är varmebeständiga och ha lång tändförröjning och lågt cetantal, medan nafterna och olefinerna ligga mitt emellan.

Cetantalets stigning med paraffinhalten synes i fig. 6.

Fig. 6.



Cetane Number as a funktion of the Paraffin Content.

Paraffinhalten är dock på intet sätt utslagsgivande för en god dieselolja. Bl.a. ha flyktigheten, molekylvikten och framför allt råoljans natur inflytande på tändvilligheten.

TVÅ ryska forskare Erhov och Zelenin (10) undersökte ryska skifferoljars lämplighet som dieselbränslen, och den kemiska sammansättningens inflytande på tändvilligheten. Metoden gick ut på att avlägsna enskilda ämnesklass r och bestämma cetantalet på återstoden. Råmaterial var en skiffertjära från en tunnelugn

lägnades med 5%-ig Na_2CO_3 -lösning, fenoler med 10%-ig NaOH neutrala syreföréningar med en mättad lösning av ferroklorid i saltsyra, och omättade och aromatiska föreningar med Kattwinkels blandning (konz. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4$). Se tabell 5.

Tabell 5.

	Sammansättning i vikts %						Anilinpunkt °C	Cetantal
	Organiska syror	Fenoler	Neutr. syreför.	Omättade o. aromat.	Paraffin o. naft.	Spec. vikt 15 °C		
Utgångsmaterial 250-350 °C	3,5	6,5	21,0	47	22,0	0,945	27	25
Efter extraktion av org. syror	--	6,7	21,9	48,5	22,9	0,950	20	25
Efter fenolextraktion	--	23,2		52,6	24,2	0,916	18	40
Efter extraktion av neutrala syreför.	--	--		68,1	31,9	0,916	17	30
Efter sulfonering av olefiner och aromater	--	--		--	100	0,884	43	53

Ur tabellen framgår att särkilt fenolerna är ogygnssamma beståndsdelar i dieselloljan. Däremot verka de neutrala syreföringarna höjande på cetantalet. Undersökningar i Amerika och Tyskland (11, 15), av cetantalshöjande tillätsmedel, visa att peroxider och andra organiska syreföringar ha en viss cetantalshöjande verkan, varför sådana komponenter tydligt är fullgoda beståndsdelar i dieseloljan. De kunna dock ha en viss korroderrande inverkan på motorn. Ur tabellen framgår också att anilinpunkten inte har något direkt samband med cetantalet för denna skifferolja.

Erhov och Zelenin undersökte även cetantalets variation med medelkokpunkterna för olika fraktioner av en skifferdieselolja. Skifferolja från en tunnelugn av-fenoliserades med lut, tvättades med vatten och fraktionerades i 10 graders fraktioner från 200 till 350 °C. Cetantalet för fraktionerna mellan 200 och 280 °C var i medeltal 43, medan de tyngre fraktionerna till 350 °C visade lägre värden, i medeltal 36.

Tendensen hos cetantalet att sjunka med stigande kokpunkt torde dock vara specifik för denna skifferolja. Dieseloljor med petroleumursprung visa genomgående en ökning av cetantalet med stigande kokpunkter (8, 12). Fig. 7 anger förhållandet mellan cetantalet och medelkokpunkten för 5- graders fraktioner av två "Straight run" och två katalytiskt krackade dieseloljor inom samma kokintervall (12).

Fig. 7.

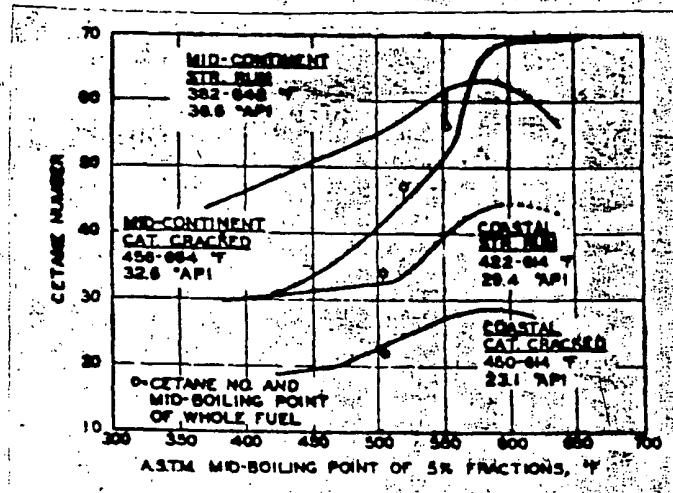


FIGURE 8
Cetane Number vs. ASTM Mid-boiling Point of 5 Percent Cuts from Distillate Fuels

Ur figuren framgår att cetantalet ökar med stigande kokpunkt, och att alla kurvorna ha ett maximum vid ungefär samma temperatur (c:a 300°C). Dieselbränslen med kokintervall omkring och över 300°C kunna dock ej användas bl.a. på grund av ökad koks bildning och rökutveckling i motorn.

Cetantalen i de undersökta fraktionerna av den hydrerade Ljungströmljan visa även samma tendens att stiga med stigande kokintervall (se fig. 18).

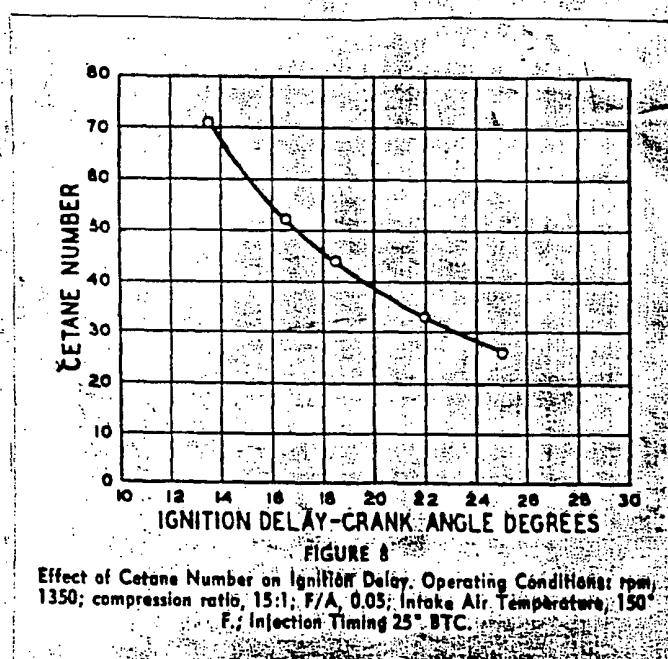
Stelningspunkten för ett dieselbränsle har stor betydelse för motordrift och start i kall väderlek. Den får inte vara för hög. Ju högre paraffinhalt och således även cetantal en olja har, ju högre blir kristallisations- och stelningstemperaturen. I specifikationer för dieselbränslen som skola användas i kalla trakter sänkas därför fordringarna på cetantalet för att kunna erhålla en tillräckligt låg stelningspunkt. (Se tab. 16). (Normer för amerikanska armén).

Inverkan av dieselbränslets sammansättning på motordrift och lagring. (1, 13).

Cetantalet:

Som redan nämnts anger ett lågt cetantal stor tändfördröjning. Detta betyder att mycket bränsle samlas i cylindern för tändändningen. När hela bränslemängden på en gång förbrinner uppkommer en tryckvåg som ger upphov till knackningar. Fig. 8 visar cetantalets förhållande till tändfördröjningen, mätt i revvinkelgrader (8). I figuren ser man t.ex. att ett bränsle med cetantalet 26 ger 11 grader längre tändfördröjning än en olja med cetantalet 71.

Fig. 8.



Figur 9 visar cetantalets förhållande till knackningstendensen (= engine roughness) uttryckt i relativ tryckökning vid förbränningens början.

Figur 9.

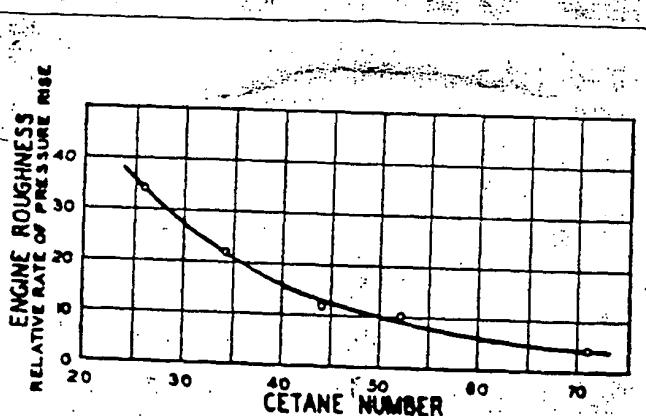


FIGURE 10

Effect of Cetane Number on Engine Roughness. Operating Conditions:
rpm, 1350; Compression Ratio, 15:1; F/A, 0.05; Intake Air Temperature,
150° F.; Injection Timing, 23° BTCA

Bränslets sammansättning spelar en stor roll för snabbgående dieselmotorer. Större, långsamt arbetande motorer är mindre känsliga på grund av den längre tidsperiod under vilken förbrännningsprocesserna ske. De fordringar som ställs på cetantälet variera alltså med den motortyp bränslet är ägnat för. En sammanställning av cetantälen för dieselbränslen från olika leverantörer år 1939 ger följande värden:

Tabell 6.

Motortyp	Cetantal	Cetantal (medelvärde)
"High speed" (14 leverantörer)	38 - 50	47
"Medium High Speed" (31 leverantörer)	35 - 60	47
" Medium Speed" (36 leverantörer)	35 - 60	43
" Low Speed" (37 leverantörer)	30 - 60	38
Diesel lokomotiv	50 - 55	...

Enligt teknologföreningens normer 1949 fördras i Sverige:

Värvtalet	Cetantal
≥ 1000 r/m	min. 45
600 - 1000 r/m	" 28
300 - 600 r/m	" 25
≤ 300 r/m	" 23

Se för Sverdet tabell 16.

Flyktighet, viskositet och stelningspunkt:

De oljedestillat som användas som dieselbränslen brukar ha ett kokintervall mellan 150 och 350 - 400°C. Specifikationerna anger vanligen en övre temperaturgräns emedan tyngre fraktioner har en större tendens till koksavsläppningar och röksutveckling i motorn.

För god bränsletillförsel till cylindern spela viskositeten och flyktigheten en stor roll. Ett mycket flyktigt bränsle har, då det sprutas in i cylindern en dålig genomträngningsförmåga, d.v.s. oljedropparna förångas, innan de hunnit sprida sig i hela förbränningssrummet. Mycket låg-flyktiga oljor däremot förångas och förbrinna långsamt under rök- och sotutveckling.

Är viskositeten mycket låg försämrar bränslets smörjande förmåga. Detta kan dock avhjälpas genom tillsats av några procent smörjolja till dieseloljan. För hög viskositet ger en alltför genomträngande oljestråle så att oljedropparna når cylinderväggarna innan de förångas, vilket kan ge upphov till knäckningar under förbränningen. Dessutom arbetar inte bränsleinjektorn effektivt med för tjocka oljor.

Tabell 7 anger viskositeterna för dieseloljor från olika leverantörer år 1939.

Tabell 7.

Motortyp	Viskositet i cSt. vid 100°F.
"High Speed"	2,0 - 7,7
"Medium High Speed"	2,0 - 10,3
"Medium Speed"	1,6 - 13,0
"Low Speed"	4,9 - 26,4

Se även tabell 16.

Stelningspunkten och kristallisationstemperaturen ger ett mätt på oljans användbarhet i kall väderlek. Med stelningspunkt menas den temperatur vid vilken oljan ej mer flyter av sin egen tyngd. Den bestämmes under särskilda speciferasade förhållanden. Kristallisationstemperaturen (Cloud Point) anger den temperatur vid vilken vax börjar avskiljas och oljan blir grumlig. Paraffinska oljor visa tydlig grumling vid en temperatur betydligt över

anges som temperaturen 2°C över stelningspunkten.

Om stelningspunkten och särskilt kristallisationstemperaturen är höga kunna oljefiltren igensättas vid kall väderlek och förhindra inmatning till injektorer. En hög stelningspunkt antyder dessutom att viskositeten ökar kraftigt med sjunkande temperatur.

Renhet, eldsäkerhet och värmevärde:

Dieselbränslen får inte innehålla större mängder vatten, sediment eller obrännbara beståndsdelar (se tabell 16). Vattenhalten bestämmes vanligen genom destillation med xylol. Askhalten anger obrännbara beståndsdelar i oljan.

Flampunkten har ingen direkt inverkan på förbränningssförloppet i motorer (15). I dieseloljespecifikationer anges vanligen en minimiflampunkt, för att minska eldfaran och hindra att dieselbränslen hänförs till 1:sta klass eldfarliga vätskor. Flampunkten är den temperatur vid vilken oljeångorna fatta eld vid kontakt med en brinnande låga. Den bestämmes antingen i slutet rum (Pensky-Martens, Abel) eller i öppet rum (Marcussen m.fl.)

Värmevärdet kan anges antingen i kcal/kg eller kcal/l. För en olja sjunker värmevärdet per viktsenhet med stigande kokintervall, medan däremot värmevärdet per volymsenhet stiger med stigande kokpunkt. Då ju motorfordomens bränsletankar är begrundade till volymen är det lämpligt att räkna med värmevärdet per volymsenhet. Normerna ange dock värmevärdet per kg (se tabell 11). Med tillräcklig noggrannhet för praktiska ändamål kan värmevärdet beräknas ur specifika vikten (d) Cragoe (1, 22, 29) har utarbetat följande formel för kalorimetriska värmevärdet: $k = 12400 - 2100 d^2$ kcal/kg (1). Avvikelserna är för de flesta oljor mindre än 1%, dock ge många asiatiska råoljor ett större fel.

I Ingeniörshandboken del 1 förekommer två formuler för beräkning av kalorimetriska och effektiva värmevärdet. Noggrannheten för dessa formuler anges inte.

$$\text{Kal. värmevärde : } K = 9,83 + 6,67 d - 6,68 d^2 \text{ kcal/kg} \quad (2)$$

$$\text{eff. " : } W = 9,34 + 5,51 d - 5,36 d^2 \text{ kcal/kg} \quad (3)$$

För de hydrerade oljefraktionerna har K beräknats enligt formel (1) och W enligt formel (3).

Korrosion och lagerbeständighet.

Korrosion i tankar, ledningar och pumpar beror på förekomsten av korrosiva svavelförningar, fria syror och syreförningar i oljan. Allmänt anses, att de korrosiva svavelförningarna, särskilt merkaptaner och fritt svavel, äro mest skadliga(9). Korrosiva svavelförningar påvisas med "Copper Strip Test". Ett rengjort kopparbleck hålls under tre timmar i oljan vid 100°C. Detta jämföres med ett obehandlat bleck. Endast en mycket svag missfärgning är tillåten enligt de svenska normerna för snabbgående motorer.

Syratalet anger totala mängden organiska och oorganiska syror i bränslet. Det definieras som antal mg KOH per g prov.

De svavel- och kväveoxider, som bildas vid förbränningen ha på grund av den höga temperaturen i motorn inga korroderande egenskaper. Endast om sygasröret är så långt att vattenångorna kondenseras, bildas svavel- och salpetersyror som verka starkt frätande på röret (15).

Bränslen innehållande olefiner och andra omättade föreningar visa en dålig lagerbeständighet. Under lagningen sker en oxidation och polymerisation, varvid bildas hartsliknande ämnen, bestående av peroxidér, aldehyder, syror och polymeriserade kolväten (14). Hartsen avsätter sig i cylindern och på kolven och förorsakar driftstörningar. Hartsal bestäms i allmänhet endast för bensiner. Man skiljer här mellan potentiellt harts, d.v.s. den hartsmängd som finns i bensiner då bestämningen utförs, och accelererat harts, d.v.s. den hartsmängd som bildas vid accelererad åldring av bensinen genom att upphetta den under tryck, och som skall motsvara lagerbeständigheten.

För dieseloljor finns tills vidare inga specificerade metoder för bestämning av hartsal. (En föreslagen metod, som är ganska invecklad finns beskriven i Oil and Gas Journal 1945 (20)). Tidigare ha sådana inte behövts då dieseloljor allmänt varo straight run-destillat. En med den ökande mängd katalytiskt krackade och syntetiskt framställda bränslen, som börjar komma i marknaden behövs någon metod som motsvarar oljans naturliga åldring under lagringen.

Koksavlagringar och rökutveckling.

Koksavlagringen i cylindern och på kolven bero till en del på oljans sammansättning men även i hög grad på motorkonstruktionen. Dålig kylning, dålig bränslefördelning, felaktigt luft- bränsleförhållande m.m. kurna ge upphov till ofullständig förbränning och koksavsättningar. Provkörningar under förhållanden som tändera att ge avlagringar, visade liten skillnad i koksbildning för katalytiskt krackade och straight run destillat. (12) Innehåller bränslet asfaltämnen bli ändemot koksevässtningarna besvärande. Man anser att flyktigheten har stort inflytande på koksbildningen, som ökar med stigande medelkoppunkt.

Bränslets koksbildande förmåga bestämmes oftast enligt Conradssons metod. I en speciell apparat förbränns oljan utan lufttillträde och den bildade koksmängden väges. För dieseloljor med låga kokstal gör man bestämningen på 10 % återstod. Provet destilleras enligt ASTM tills 90% har destillerat över. På återstoden bestämmer man sedan koksmängden.

Doyle och Landen (9) undersökte rökutvecklingen och koksavsättningen för olika dieseloljor. Man kan skilja mellan två typer av avgasrök, dels en svart rök bestående till största delen av kolpartiklar, dels en blåaktig dimlikande rök, bestående av oförbrända oljedroppar. Minst blir rökutvecklingen då bränslet fullständigt förångas, ångorna blandas väl med luften och temperaturen är tillräckligt hög.

Ofullständig blandning av syre och bränsleångor, otillräcklig tid för kemiska reaktioner och kylning av reaktionsprodukterna genom expansion, äro viktiga faktorer som hindra fullständig förbränning och ge kolhaltig rök och koksavlagringar i motorn.

Om bränsle- luft förhållandet minskas, vilket är fallet vid töngång eller reducerad belastning blir finfördelningen av bränslet sämre. Detta medför att oljedropparna bli för stora för att fullständigt förgasas. Lokal antändning och förbränning försenas och en blå-grå rök utvecklas bestående av oförbrända oljedroppar och krackningsprodukter. Bränslets flyktighet spelar den största rollen för fullständig förbränning. Undersökningar av bränslen med olika kokintervall och samma cetantal, visa minskad rökutveckling med tilltagande flyktighet. Om cetantals inverkan äro meningarnas delade.

Enligt Doyle och Landen synes rökutvecklingen öka med stigande cetantal för lättflyktigare bränslen, medan den tycks minska med stigande cetantal för mera svårflyktiga oljor. Eventuellt finns det ett optimalt cetantal omkring 35 - 40 där rökutvecklingen är minst för de vanligen förekommande dieseloljorna (12). Den ofta obehagliga avgaslukten beror enligt Doyle och Landen (9) på förekomsten av aldehyder i avgasen. Aldehydkoncentrationen minskar något med stigande cetantal. Andra forskare (12) har ej funnit något direkt samband mellan avgaslukt och cetantal eller flyktighet.

Tillsatsmedel och deras inflytande på dieselbränslen.

Då tändfördröjningen är beroende av bränslets termiska stabilitet och minskar ju instabilare bränslet är (hög paraffinhalt) kan man vänta sig att termiskt instabila organiska föreningar skulle höja cetantalet. Dessa gå under namnet cetantalshöjande tillsatsmedel eller acceleratörer, (eng. "accelerators", "ignition promoters", "dopes"). Marder, Heinze och Veidt (15) undersökte ett stort antal organiska föreningar bl.a. nitrater, nitriter, nitroföreningar, peroxider, uretaner, sulfider och bromider. Dessa tillsattes i varierande mängd till dieseloljor dels med petroleumursprung, dels framställda ur brunkols- och stenkolstjärnor. Amylnitrat och amylnitrit visade de bästa cetantalshöjande egenskaperna. 2 procent tillsats av amylnitrat höjde t.ex. cetantalet för petroleumbränslet från 37 till 52 och för brunkoldestillatet från 39 - 58. Tetralinperoxid visade en något mindre ökning. För att bestämma acceleratörernas inverkan på koksbildning och korrosion gjordes Conrads-tal och korrosionsprov. Det senare utfördes så att man bestämde viktminkningen av ett zinkbleck efter inverkan av bränslet vid 100°C under 24 timmar. Redan 0,5 % tillsats av amylnitrat och amylnitrit höjde kokstalet till över 0,2 %, vilket är maximum i de flesta bränslespecifikationer. Tetralinperoxid visade något lägre kokstal. Även korrosioner ökade avsevärt med mängden tillsatsmedel. Lagerbeständigheten undersöktes också, och i de flesta fall visade oljorna inga spår av avlagringar efter ett års lagring i mörker. Tillsatsernas cetantalshöjande verkan var densamma strax efter tillsatsen och ett halvt år senare.

användbarhet. Dock anses allmänt att Conradssonstalet inte ger någon tydlig bild av förhållandena i motorn varför man inte med bestämdhet kan säga hur de verka i drift. Tillsvidare användes tillsatsmedel i mycket liten utsträckning.

Smolak och Nelson (11) undersökte cetantalets och olika tillsatsmedels inverkan på starttemperaturen. För att bränslet i motorn skall antändas måste kompressionstemperaturen vara tillräckligt hög. Om den intagna luftens temperatur är för låg kommer även kompressionstemperaturen att ligga under bränsleluft blandningens antändningstemperatur. De flesta motorer kunna ej starta med vanliga dieseloljor (kokintervall 150 - 300°C cetantal 40 - 60) om yttertemperaturen underskrider -10°C. I kalla trakter måste man därför använda uppvärmningsanordningar eller andra metoder för att få igång motorn. Vid denna undersökning användes en tre cylinders tvåtaktsmotor. Den placerades i ett kylrum och kyldes till olika temperaturer sedan startades motorn med olika bränsleblandningar. Den lägsta starttemperaturen definieras enligt försöket, som den lägsta temperatur vid vilken motorn startade inom en minut efter det startmotorn satts igång. De faktorers inverkan på starttemperaturen, som undersöktes varo:

- a) cetantalet
- b) lättflyktiga tillsatsmedel
- c) cetantalshöjande tillsatsmedel.

Av undersökningar framgår, att en ökning av cetantalat med 10 enheter, sänker lägsta starttemperaturen med c:a 7°C för cetantal mellan 35 och 60. Ökas cetantalet över 60 sker i de flesta fall ingen ytterligare sänkning av starttemperaturen beroende på att stelnings- och kristallisationstemperaturen blir för hög och minskar bränsletillförseln. T.ex. var lägsta starttemperaturen -4°C, för en Fischer-Tropsch olja med cetantalet 95. Under denna temperatur stelnade oljan. För de i marknaden förekommande dieseloljorna (cetantal 35 - 60, kokintervall 170 - 300°C) ligger minimistarttemperaturen mellan 0° och -10°C.

Inblandning av lättflyktiga tillsatser, visade, att sådana ämnen, som själva ha liten tändfördröjning, sänkte starttemperaturen. En tillsats av 10% etyleter till en olja med cetantalet 35 sänkte starttemperaturen från +6° till -5°C.

N-heptan visade sig också lämplig medan isooctan istället höjde starttemperaturen över +6°C.

Organiska acceleratorer inverkade endast obetydligt. Nitrorade föreningar, peroxider, svavelföreningar och olika blandningar av organiska ämnen undersöktes. De flesta av dessa föreningar utom svavelföringenarna höjde cetantälet men visade en ringa sänkning av starttemperaturen vid tillsatser under 10%. Resultatet av undersökningen tyder på att låga tillsatser effektivt sänka lägsta starttemperaturen under -10°C. Man kan dock nä mycket låga starttemperaturer om man förångar lättflyktiga vätskor och blandar ångorna med den intagna luften omedelbart före startmotorn sätts igång. Med detta har man på detta sätt kunnat starta vid -40°C. Metoden medför dock en risk för att hela motorn exploderar, och dessutom måste man ha en särskild karburator och andra anordningar för att införa etern.

Olika terviskt instabila organiska föreningar höja cetantälet och kunna alltså användas som acceleratorer. Samtidigt ökar dock tendensen till koksbildning och korrosion. Något avgörande inflytande på start vid kall väderlek ha tillsatsmedlen inte.

Principen för reaktions- och gasturbinmotorer. (15)

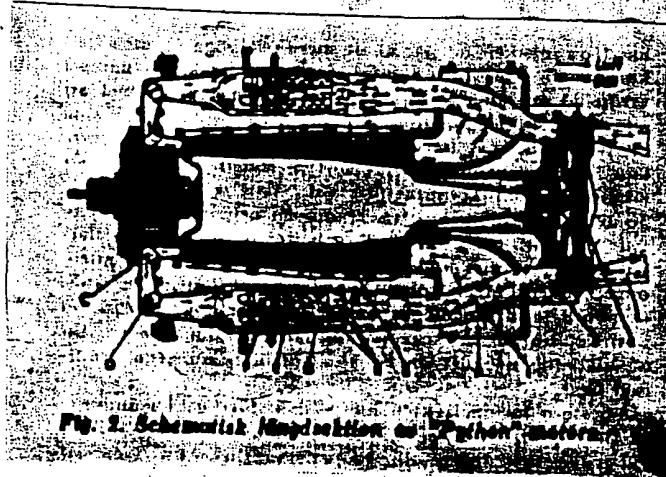
Reaktionsmotorns snabba genombrott och utklassning av kolvmotorn som kraftkälla i hypersnabba stridsflygplan är numera ett allmänt känt faktum. Men även utvecklingen av den propellerdrivande gasturbinmotorn har nått därför att kolvflygmotorns existens är allvarligt hotad även från det hålet.

Den för reaktionsmotorn karakteristiska egenskap, som skiljer denna motortyp från den konventionella kolvflygmotorn är, som bekant, att den avger energi i form av levande kraft hos en med förbränningsgaser uppbländad luftstråle, som strömmar bakåt ur motorn med stor hastighet. Den vid gasernas acceleration inuti motorn där uppkommande reaktionskrafter driver flygplanet framåt och kallas motorns dragkraft. För framdrivning av flygplan med hastigheter över 600-700 km/h kan på dyligt sätt avgiven energi utnyttjas med relativt god verkningsgrad. Sjunker flyghastigheten under 600 km/h avtar emellertid reaktionsmotorns framdrivningsverkningsgrad snabbt, varför reaktionsdriften inom detta hastighetsområde ur bränsleekonomisk synpunkt ställer sig avsevärt ofördelaktigare än propellerdriften.

Reaktionsmotorns utveckling har fört gasturbin-tekniken ett stort steg framåt och detta har även kommit den propellerdrivande turbinflygmotorn till gode. Den principiella skillnaden mellan den sistnämnda motortypen och reaktionsmotorn är, att turbinmotorn avger blott en mindre del av energien i form av kinetisk energi. Huvudparten av den nyttiga energien utgöres av mekanisk energi som avges genom propelleraxeln, vilken över en reduktionsväxel drives av turbinaggregatet. För att närmare belysa hur en reaktions- och turbinmotor arbetar följer här en kort beskrivning över Armstrong-Siddeleys "Python" turbinmotor. År 1942 började Armstrong-Siddeley firman (England) bygga en axialkompressor-förseglad reaktionsmotor, kallad ASK. Innan denna motor ännu nått produktionsstadiet beslöt emellertid firmans ledning att istället koncentrera sig på tillverkning av propellerdrivande turbinmotorer. Den befintliga reaktionsmotorn fick därvid utgöra stommen till den första turbinmotorn "Python". Förändringen kunde ske med relativt enkla medel: omkonstruktionen av turbinen för erhållande av högre turbineffekt samt anslutning av en propellerväxel i aggregatets framkända, var de största ändringarna.

och försedd med 14 steg. Tryckförhållandet vid fullt varvtal är ca 5:1. Lufttillförseln till kompressorn sker i dess bakhänta (A). Strömningsriktningen för denna motor är alltså bakhänta - framåt. Efter sista d.v.s. främsta kompressorsteget omböjs luftströmmen 90° (C) och ledes genom en ringformad diffusor. I diffusorhuset ledskeneförsedda utloppsöppningar sker så en förnyad 90° :s omböjning (D) av strömningsriktningen, varpå luften ledes in i de elva delbränkkamrarna (E) placerade i ring på utsidan av kompressorhuset, parallella med motorns centrumlinje. Bränkkamrarna äro av förångnings typ. Två av dem är försedda med startändstift. Bränsletillförseln ombe- sörjs av en insprutningskolvpump med variabelt slag och varvtalsbegränsning. Förbränningsgaserna driva turbinen (k), som i sin tur driver kompressorn och propelleraxeln. Turbinen arbetar i två steg och har ett enda hjul med vid periferin gaffelformad sektion som uppbär de båda skovelkransarna. Motorn har en maximal statisk propelleraxleffekt vid märken av 3670 hk vid 8000 r/m var till adderas sig en dragkraft av 520 kp härrörande från strålreaktionen. Den specifika bränsleförbrukningen hämförd till den totalt avgivna motoreffekten uppgår vid marschvarv - 7600 r/m, till 290 - 340 g/hkh, beroende på flyghastig-heten. Motorn väger 1430 kg.

Fig. 10.



Egenskaper hos och fordringar för reaktionsbränslen.

Uppgifter om reaktionsbränslen förekomma en så länge mycket sparsamt i litteraturen. Åren 1947 och 1948 publicerades dock tre artiklar (17, 18, 19) som belysa olika bränslens egenskaper och ange de fordringar som för närvarande ställs på reaktionsbränslen, (eng. Gas turbine fuel, Jet fuel).

Fordringarna på ett reaktionsbränsles egenskaper kan indelas i följande huvudpunkter: (17)

1. Bränsletillförseln måste ske under alla betingelser.
2. Snabb startförmåga vid lägsta möjliga starttemperatur.
3. Förbränningen måste vara effektiv och stabil under alla förhållanden.
4. Effektiva värmevärdet bör vara så högt som möjligt.
5. Förbränningsszonen bör vara så liten som möjligt.
6. Förbränningsprodukterna får inte ha någon förstörande inverkan på motordelarna, särskilt turbinskovlar och flamtuber.
7. Om möjligt bör bränslet vara ett s.k. säkerhetsbränsle.
8. Bränslet måste finnas tillgängligt i erforderliga mängder.

1. Bränsletillförseln.

För att upprätthålla en konstant bränsletillförsel fordras först och främst en perfekt arbetande injektor men även bränslets sammansättning är av betydelse, särskilt vid låg temperatur. Viskositeten får inte bli för hög, och stelningspunkten måste ligga under den kallaste temperatur som kan råda i bränslekammaren och tanken.

Med stigande viskositet försämras finfördelningen av oljedropparna vid insprutning i bränzonen, och en sämre bränsle-luftblandning erhålls. Förbränningen blir inte fullständig och förbränningseffekten minskas. Undersökningar i England (17), i en reaktionsmotor med roterande atomizer (Swirl type), visade att finfördelningen började försämras vid 10 cSt och man förordade en maximal viskositet = 15 cSt.

15 cSt gäller för

"gasoil" vid ca -7°C

"kerosine SR 512" " " -40°C

"Aviation kerosine" " " -60°C

Bensin ingen undre temperatur.

Enligt den föreslagna amerikanska specifikationen för reaktionsbränslet JP 3 (se tabell 17) fördras max. 10 cSt vid -40°C och enligt förslaget till svenska normer för flygfotogen MC 75, max. 6 cSt vid -18°C (0°F).

Som ovan nämnts får stelnings- och kristallisationstemperaturen ej vara för hög. Den maximala stelningspunkten för JP 3 är -50°C och max. kristallisationstemperaturen för MC 75 = -55°C . Detta låga värde har man inte valt enbart för att försäkra sig om att bränslet i tanken skall hållas flytende. En låg stelningspunkt fördras även för att hindra isbildning i bränslet och tilltäppning av bränslefiltren. Petroleumbränslen är vanligen nättade med vatten. Vattenlösigheten varierar starkt med temperaturen och ökar med avtagande molekylvikt. Se tabell 8.

Tabell 8.

Bränsle		Temp. $^{\circ}\text{C}$	H_2O -lösighet vikts %
Bensin	Sp.v. 0,70 kohinterval 40-145 $^{\circ}\text{C}$	20	0,008
		35	0,014
Fotogen	Sp.v. 0,792 " 190-250 $^{\circ}\text{C}$	20	0,005
		35	0,011
Paraffinolja	Sp.v. 0,883 " 200-300 $^{\circ}\text{C}$	20	0,003
		35	0,007

Vid hastig avsvalning bildas i bränslet en issuspension som täpper till filtren. Undersökningar som gjordes för att visa sambandet mellan stelningspunkten, kristallisationspunkten, aromathalten och den temperatur vid vilken filtren började täppas till av iskristaller, gav till resultat att filterigen-sättningen började vid betydligt högre temperatur än lägsta flyttemperaturen. Se tabell 9. Ur dessa data kan man även spåra ett visst samband mellan vattenlösighet och isbildnings-temperatur. Vid aromathalten inverkan beträffar kan man ej påvisa något direkt samband. Det antas att det är aromattypen och dess molekylvikt som har inflytande på vattenuptagnings-förmågan. (17) Igensättning av filtren på grund av isbildning kan effektivt upphävas genom tillsats av ett antifrysmedel, t.ex. isopropylalkohol. Tabell 9 visar också att om bränslet torkas, så kommer filtren att igensättas vid en betydligt lägre temperatur beroende på utkristallisering av vax.

Kristallisationstemperaturen och igensättningstemperaturen visa god överensstämmelse, och därför kan "Cloud point" användas som mått på den lägsta temperatur vid vilken bränslet kan användas utan att förorsaka störningar på grund av sin egen karaktär. I den amerikanska JP 3 specifikationen finns ingen uppgift om "Cloud point" antagligen beröende på att man här lyckats lösa problemet med en annan filtertyp. I USA har man nämligen inte haft svårigheter med igensättning av filtren (18).

Startförmåga och god förbränning:

Startförmågan vid låg temperatur, och upprätthållandet av en stabil förbränning, är beroende, dels av bränslets sammansättning, dels av rent mekaniska motorkonstruktioner. En god startförmåga och förbränning påverkas av

- a) graden av finfördelning
- b) flyktigheten hos bränslet
- c) konstruktion av tändstift (eller andra tändanordningar)
- d) temperaturförhållanden, luft- bränsle förhållandet och den intagna luftens hastighet.

Flyktigheten är en av de viktigaste faktorerna. Den inverkar bl.a. på startförmågan, förbränningseffekten, koksevsättningar, förlust på grund av avdunstning på högre höjder och med hänsyn till avdunstningsförlust och ångläsbildning bör alltså reaktionsbränslet ej vara för lättflykligt. Däremot tillåter ett lätt flyktigt bränsle, start vid lägre temperatur, och ger bättre förbränningseffekt och mindre koksevsättningar. Vid Shells laboratorier i England jämfördes det bränslettryck som fördrades för att antändning skulle ske, med temperaturen för 10% överdestillerat i ASTM destillationen. Se tabell 10.

Tabell 9.

Bränsle	Spec. vikt 15/15 °C	Kok- intervall °C	Aromat- halt vikts%	Max H ₂ O- lösighet vid 18 °C vikts %	Kristalli- sations- temp. °C
100/130 Grade Base	0,735	44-171	22,2	0,007	< -60
Naphta TI 604	0,784	156-220	15,2	0,005	< -60
Naphta 206(JP2-typefuel)	0,707	88-231	10,6	0,004	< -60
Kerosine SR 312	0,806	158-276	8,6	0,006	-43
Kerosine 201	0,804	143-262	21,9	0,008	< -60
Kerosine 203	0,834	186-279	20,5	0,004	-49
Kerosine 205	0,878	188-309	23,0	0,005	-37
Kero-gas oil TI 255 B	0,827	190-284	16,3	0,004	-45
Hydrogenated gas-oil	0,825	184-297	4,4	0,005	< -60
Gas Oil 363 B	0,848	204-378	22,6	0,004	-7

x Beräknad ur extrapolerad viskositet.

xx Tillämpning p.g. av vaxavskiljning. Se följande kolumn.

Installations temp. °C	Lägsta flyt- temp. °C	Oljan mättad med H_2O		Oljan torkad med $CaCl_2$	
		Temp. i °C vid vilken flödet genom filtret, på grund av isbildn. minskade med		Temp. i °C vid vilken flödet genom filtret minskade p.g. av vax- avskiljning x)	
		20 %	50 %	20 %	50 %
-60		-22	-26		
-60	--	--	--	--	--
-60	<-60	-40	-43	<-60	<-60
-43	-54	-25	-29	-46	-47
-60	<-60	-22	-25	<-60	<-60
-49	-54	xx)	xx)	-52	-53
-37	--	--	--	--	--
-45	-46	-31	-38	-43	-44
-60	<-60	-39	-42	<-60	<-60
-7	-12	--	--	-6	-10

Tabell 10.

Luftflöde = 0,5 lb/sek Lufttemp. 30°C.

Bränsle	Bränslettryck psi	10% dest. temp. °C.
SBP 2	10	78
Kerosine 206	24	112
Kerosine SR 312	44	174

Tabellen visar att ju flyktigare bränslet är ju lättare är det att starta.

Vid Texas Co:s laboratorier (18) undersöktes några tyngre bränslen i en reaktionsmotor bl.a. "Gasiol" N:r 64, "Gasoil" N:r 65, "Gasoil" N:r 66 och "Gasoil" N:r 67. Med Gasoil 64 (kokintervall 240 - 364 °C) kunde motorn inte startas vid rumstemperatur, dock arbetade den ganska bra under gång, om man startade med fotogen och sedan kopplade om till detta bränsle. Med "Gasoil 65" (kokintervall 246 - 384 °C) startade motorn ej alls och arbetade ej under några förhållanden. N:r 66 var en "Gasoil"-destillat blandning med betydligt lägre begynnelsepunkt (183 - 379 °C). Detta bränsle startade tillfredsställande vid rumstemperatur och motorn arbetade relativt bra, risk för "ånglås" i bränsleledningarna från tanken. Flygning på hög höjd kan medföra stora bränsleförluster på grund av avdunstning. I fig. 11 jämförs förlusterna för flygbensin och ett lågflyktigt bränsle.

Fig. 11.

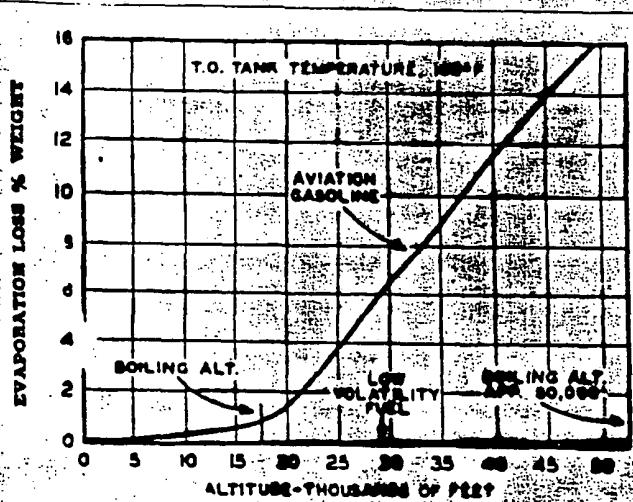
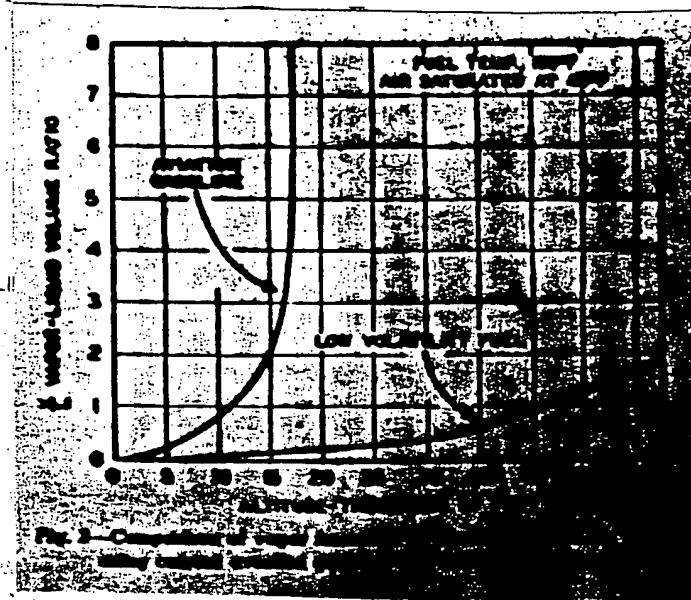


Fig. 1—Comparison of evaporation losses from several fuel tanks when using current aviation gasoline and low-volatility fuel

av ånglås, (Vapor lock) för flygbensin och ett lågflyktigt bränsle. Flygbensin fordrar speciella pumpar för att hindra bildning av gasfickor i ledningarna, medan sådana ej ansetts nödvändiga i turbinmotorer.

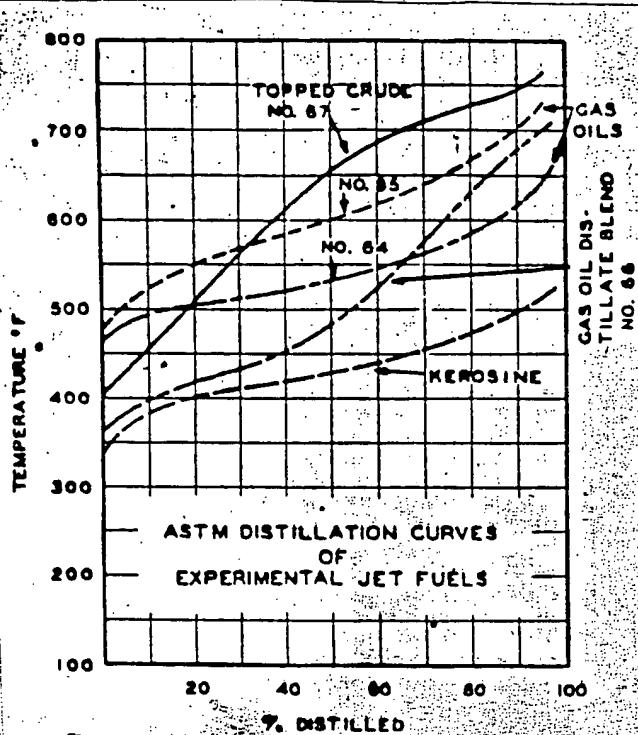
Fig. 12.



N:r 67 var en toppad råolja (kokintervall 207 - 399 °C) Motorn måste startas med fotogen och kopplades sedan till detta bränsle. Den arbetade dåligt och förbränningen var så långsam att flamman trängde ut genom turbinen och flamtuben medförande överhetning så att dessa delar förstördes.

Ehuru dessa undersökningar gjorts med en motor avsedd för fotogen, visa de dock vilken betydelse begynnelsepunktens har, och att alltför lågflyktiga oljor än så länge ej äro lämpade för reaktions- och turbinmotorer. Fig. 13 visar destillationskurvorna för de undersökta bränslena.

Fig. 13.



Förbränningseffekt och koksbildning.

Som redan nämnts bör medelkokpunkten ej vara för hög om man vill erhålla god förbränningseffekt. Jämför fordringarna i tabell 17.

Undersökningar angåendebränslesammansättningens inverkan på förbränningseffekten och koksbildningen ha gjorts både av Shell i England och Texas Co. i USA.

Försök i två välkända reaktionsmotorer (18) visade att paraffiniska och nafteniska "Straight - run" destillat förbränns lättare än högaromatiska oljor. Tre bränslen med samma kokintervall, motsvarande fotogen, men med olika sammansättning prövades. De paraffiniska och nafteniska bränslena gav god förbränningseffekt, obetydligt rök och inga koksavsetningar på olika flyghöjder upp till 12.000 m. Det aromatiska bränslet innehållande c:a 50% aromater visade sig svårare att förbränna och utvecklad rök samt gav avsevärda koksavsetningar efter en kort tids motorgång på marken.

I England gjorda undersökningar i en provmotor under förhållanden som tendera att ge koks, gav följande resultat.

Se tabell 11.

Luftmängd 0,5 lb/sek, luft-bränsleförhållanden 50:1

Tid: 1 timme.

Bränsle	10% dest. temp. °C	Aromathalt vikts %	Koks avsatt gram
Kerosine SR 312 + 1% olja	174	8,6	4,9
" 206(JP2) + 1%olja	112	10,6	2,5
" 203 + 1%olja	200	20,5	7,9
" 201 + 1%olja	161	21,9	8,8

Ur tabellen framgår att koksavslutningen ökar med stigande aromathalt men minskar med större flyktighet. Jämför bränsle 206 låga begynnelsekokpunkt. Även andra försök har visat att låg begynnelsekokpunkt ger mindre koksavslutningar i motorn.

Paraffiner är i detta avseende bättre än naftener som i sin tur är bättre än aromater. Man har t.o.m. utarbetat en experimentell formel för koks bildningen

$$\text{koks bildning} = 10 \log \frac{(C:H + k_1)}{k_2} + \frac{T}{k_3} - k_4$$

C:H = kol-väte förhållandet

T = Temperaturen för 50 % överdestillerat (?)

k_1, k_2, k_3, k_4 är konstanter.

Vad koksavslagringar och brännbarhet beträffar bör således aromathalten vara låg. Men med en låg aromathalt följer en högre stelningspunkt och kristallisationstemperatur. Dessutom vissa aromatiska bränslen ett högre värmevärde per volymenhet än paraffiniska och nafteniska (se tabell 12).

Hur ett bränsle kommer att uppföra sig i motorn beror minst lika mycket på motorkonstruktionen som på bränslets egenskaper. De försök som gjorts hänföra sig vanligen till en bestämd motortyp och ge inga generella data. Den allmänna uppfattningen i USA är att bränslen med max. 30% aromater ge tillfredsställande förbränning. I den föreslagna specifikationen för JP3 har aromathalten höfts från 20% till 30%. Enligt förslaget till normer för flygfotogen MC 75 gäller max. 20% aromater. Dock behövs flera data om aromatiska bränslets egenskaper i olika destillationsintervall och även om oljefinernas inverkan, för att bättre kunna bedöma olika reaktionsbränslets egenskaper.

En principiell nackdel hos turbinmotorn är, att bränsleåtgången är större än i kolvmotorer. Bränslets värmevärde bör därför vara så stort som möjligt. Flygplanens aktionsradie är beroende av den bränslemängd som kan medtagas, och denna är begränsad till volymen. Det är således av vikt att värmevärdet per volymenhet är så stort som möjligt. Detta ökar med stigande kokintervall, och aromatiska bränslen är i detta avseende bättre än paraffiniska och nafteniska, se tabell 12.

Tabell 12.

Bränsle	Värmevärde kcal/liter	Procentuell ökning jämförd med flygbens
Flygbensin 100/130	7600	--
Fotogens dest. intervall:		
Paraffiniskt	8400	11,0
Nafteniskt	8700	14,0
Aromatiskt	8900	17,5

Försök i praktisk drift ha visat att ökningen i aktionsradie är direkt proportionell mot ökningen i värmevärde. Ur denna synpunkt vore det lämpligt med motorersom kunde tillgodogöra sig högaromatiska bränslen.

Säkerhetsegenskaper:

Möjligheten av att kunna använda ett s.k. säkerhetsbränsle i reaktionsmotorer har diskuterats. H.A. Murray (18) påpekar att varje bränsle som kan förbrinna i en motor även kan brinna utanför motorn om lämpliga förhållanden råder, varför man inte kan tala om ett eld-säkerhetsbränsle. Dock förekommer vissa skillnader mellan antändbarheten av lättflyktiga och svårflyktiga bränslen. Man kan skilja mellan tre typer av eldsvådor

- Explosionsrisk i bränsle-luftblandningen i tanken.
- Självantändning vid kontakt med en het yta.
- Eld uppkommande från olja eller bränsle som spänts och sprutat ut över flygplanet och marken.

Undersökningar visa att explosiva blandningar i gäsfasen i bränsletanken kunna uppstå för lågflyktiga bränslen vid mycket varm väderlek och för bensin under mycket kalla temperaturförhållanden. Självantändningstemperaturen, vid kontakt med en het yta, ligger lägre för tyngre bränslen och oljor än för bensin. Däremot brinner bensinen mycket hastigare och våldsamare om yttemperaturen är tillräckligt hög för att antända den.

Hydreringen av Ljungströmljan. (21)

Hydreringen av till 200°C toppad Ljungströmlja utfördes vid IVA:s försöksstation i Stockholm. Nedan följer en kort beskrivning över de undersökningar angående lämpliga hydreringsbetingelser som utfördes där, och hur oljan hydrerades i halvstor skala.

Man skiljer mellan raffinerande och krackande hydrering. Vid raffinerande hydrering strävar man efter att hydrera omättade föreningar, olefiner och aromater, utan att oljan samtidigt krackas och ger lägre kokande fraktioner. Detta kan åstadkommas genom att hålla temperaturen vid hydreringen så låg att oljemolekylerna inte spjälkas sönder.

Vid krackande hydrering vill man omvandla oljan i lågkokande mättade fraktioner. Undersökningen gick ut på att framställa transformatorolja. Denna bör vara mättad för att erhålla de isoleringsegenskaper som fördras och meningen var att genom raffinerande hydrering, hydrera bort olefiner, aromater och svavelföreningar.

Vid en hydrering är katalysatorvalet av stor betydelse. Man strävade efter att få en katalysator med stor hydreringsaktivitet inom ett så lågt temperaturområde att oljan inte krackades. De första försöken gjordes i diskontinuerliga vippantoklaver. Vägtätrycket var 100 atm. och temperaturen hölls vid 375°C för att undvika krackning. De katalysatorer som undersöktes varo, dels pyrithaltig järnsulfid, dels en serie molybdenföreningar utfällda på aktiv aluminiumoxid. Bland dessa kan nämnas ammoniummolybdat, molybdenoxid, molybdenulfid, kolloidal molybden oxid-sulfid och ammoniumsulfomolybdat. Aktiviteten hos FeS visade sig betydligt sämre än hos molybdenföreningarna, men inga av dessa katalysatorer gav oljor med tillräckligt låga slamtalet (Slamtalet ger ett mått på transformatoroljans isoleringsegenskaper och oxidationsbeständighet. Slamtalet bestäms enligt "Anderson - Asea" metoden som utföres på följande sätt: I oljan doppas en kondensator, bestående av två koncentriska kopparcylindrar. Provet placeras i ett värmebad vid 100°C, en högspänning kopplas på cylindrarna och syrgas ledes in i oljan).

På detta sätt får provet stå i 100 timmar varefter den olika
slammängden och syratalet bestämmas).

För att undersöka temperaturens inverkan på hydrering och
krackning gjordes hydreringsförsök vid 350 och 425°C med olika
molybdenkatalysatorer. Ett mätt på krackningen gav den del av
oljan som vid ASTM-destillationen överdestillerade under 200°C.

Vid 350°C gick hydreringen långsamt (högt jodtal på provet)
och krackningen var obetydlig. Vid 425°C blev jodtalet mycket
lägt men oljan krackade betydligt. Inga av dessa försök gav en
olja med tillräckligt lågt slamtal för att godkännas som
transformatorolja. För att förbättra hydreringen gjordes försök
med aktiverade molybdatkatalysatorer på aktiv aluminiumoxid som
bärare. Till dessa undersökningar användes en förhydrerad till
200°C toppad olja (jodtal = 7). En mängd aktiverade katalysatorer
prövades. Vätgasupptagningen var störst med koboltaktiverad
ammoniumsulfomolybdat och kromsulfomolybdat, vilket visar att
kobolt och krom tydligt är de bästa aktivatorerna.

Med ledning av dessa resultat utfördes en serie kontinuerliga
hydreringsförsök med de lämpligaste katalysatorerna, dels utfällda
på tabletter av aktiverad aluminiumoxid, dels utan bärare. I det
sistnämnda fallet tabletterades katalysatorpulvret med små mängder
ammoniumfosfat och aluminiumhydroxid som bindemedel. Försöken ut-
fördes i fast uppställda autoklaver (2, 41) genom vilka olja och
vätgas cirkulerade. Vätgasttrycket var 200 atm. Temperaturen och
oljans volymhastighet (l oljä/l. katalysatorsubstans och timme)
varierades i de olika försöken. Bland de undersökta katalysatorerna
kan nämnas, molybdenoxid på Al_2O_3 , koboltaktiverad ammoniumsulfomol-
dat på Al_2O_3 och kromsulfomolybdat utan bärare.

Vid en temperatur av 350°C var reaktionshastigheten liten.
Höjning av temperaturen medförde ökad hydreringshastighet men
också ökad krackning. Emedan aromaterna är beständigast mot krack-
ning blev de tyngre fraktionerna aromatrikare. Vid ökning av
volymhastigheten blev krackningen mindre men även hydreringshas-
tigheten avtog. För varje volymhastighet finns tydligt en optimal
temperatur vid vilken hydreringen är relativt god och krackningen
ganska liten. För de undersökta katalysatorerna var vid c:a 375°C
en volymhastighet av 0,25 l/l/h den lämpligaste. Vad katalysatorer
beträffar visade det sig att katalysatorer utan bärare hade en be-
tydligt större hydreringseffekt än de med bärare, vid samma tempe-
ratur och volymhastighet. Flera varianter av de mest aktiva kata-
lysatörerna utan bärare framställdes.

medan yttre rörelserna hos katalysatorn är starkt påverkade den katalytiska effekten. Skade man den aktiva ytan genom att tillsätta glykosen vid tabletteringen och sedan upphetta tabletterna i vätsgasatmosfär till 450°C . Då pyrolyserades glykosen och en mycket porös yta erhölls. Undersökningar med koboltsulfomolybdat och kromsulfomolybdat dels utan, dels med 20% glykos visade, att hydrieringsaktiviteten ej försämrades fastän man genom glykostillsatsen minskade katalysatormängden med 30%. Trots dessa förbättringar blev hydrieringen ej så effektiv, att oljorna kunde användas som transformatoroljor. Ett gott resultat erhölls dock med tvåstegshydrering, där oljan i första steget hydrerades över ammoniumsulfomolybdat på aktiv Al_2O_3 och i andra steget över kromsulfomolybdat. Med ledning av dessa försök utfördes kontinuerlig hydriering i halvstor skala i en autoklav med 20 liters katalysatorvolym. Som katalysator användes kromsulfomolybdat med 25% glykos. Oljan förvärmedes till 300°C i en förvarmare, fylld med ammoniumsulfomolybdat på aktiv Al_2O_3 . Temperaturen i autoklaven hölls vid 375°C och vätgastrycket var 200 atm. Den ingående oljans volymhastighet varierades mellan 0,16 och 0,57 l/l/h.

Denna hydrerade olja ligger till grund för denna undersökning.

Undersökning av den toppade hydrerade Ljungströmoljan.

Provtagning:

Provtagningen utfördes så att mängden prov ur varje fat motsvarade oljekvoten i fatet. Emedan specifika vikten i de olika faten variera mycket litet kan man anse förhållandet mellan viktmängderna lika med förhållandet mellan volymmängderna prov. Se tabell 13.

Tabell 13.

Fat nr.	Nettovikt olja, kg	Prov 1.
1001	155,5	5,0
1002	157	5,0
1003	168	5,4
1004	174	5,5
1005 c:a 130 x)		<u>4,1</u>
Summa:	784,5	Summa: 25,0

x) Nettovikten olja i fat 1005 angavs till 174,5 kg. Fatet innehöll emellertid betydande mängder vatten. Genom mätning av vattenytans höjd och fatets dimensioner beräknades vattenmängden till c:a 40 kg. Då det är otänkbart att 40 kg vatten skulle ha läckt in i fatet och ökat dess vikt, (muttern satt mycket hårt) måste vattnet ha funnits i oljan vid påfyllningen. Vattenmängden subtraherades därfor från fatets innehåll.

Fraktionering:

På provet gjordes en ASTM-destillation och med ledning av denna fraktionerades oljan enligt följande schema:

	<u>Kokintervall</u>
Fraktion 1	< 200°C
Fraktion 2	200-215°C
Fraktion 3	215-230°C
Fraktion 4	230-245°C
Fraktion 5	245-260°C
Rest	< 260°C

Destillationen utfördes i vakuум. Ca 2 l olja destillerades per gång i en 5-literskolv med Claisenuppsats (diameter: 22 mm, längd 30 cm) innehållande Raschigringar (10 x 10 mm). Trycket varierade mellan c:a 10 mm Hg i början och c:a 5 mm Hg i slutet av destillationen. Det sjönk sakta och kontinuerligt under destillationens gång. De temperaturer vid det rådande trycket, som motsvarade 200, 215, 230, 245 och 260°C vid atmosfärtryck beräknades ur nomogram (22, 23). Förlagen byttes vid de temperaturer, som vid det då rådande trycket motsvarade respektive temperaturer vid atmosfärtryck.

Manometern var kopplad till uppsatsens övre ända, för att tryck och temperatur skulle kunna mäts på samma ställe.

Vid första destillationen användes som tryckregulator en cartesiansk manostat (24). Emedan det var mycket svårt att ställa in manostaten på önskat tryck användes den inte i fortsättningen. Varje destillation (21) tog 7 timmar när apparaten väl var inkörd. Summa 22 l. olja destillerades. Tabell 14 anger utbytet av olika fraktioner.

Tabell 14.

	Frakt <200	Frakt 200-215	Frakt 215-230	Frakt 230-245	Frakt 245-260	Rest 260	Förlust
Mängd Överdest.: cc	6793	3493	3245	2491	1996	3013	--
Vol % Överdest.	30,9	16,6	14,7	11,6	9,5	13,7	3,0

Restoljan efter destillationerna var mycket liten angripen. Den var gulbrun och genomskinlig. Restoljan blektes med blekjord. Denna upphettades i värmeskåp till 150°C och fick stå vid denna temperatur ett par timmar. Därefter tillsattes c:a 200 cc blekjord per liter olja vid 65°C. Oljan fick stå under omrörning vid denna temperatur en halv timme varefter filtrerades. Efter behandling n var restoljan klargul.

Fraktionerna 200, 200-215, 215-230°C var färglösa, och fraktionerna 230-245 och 245-260°C var svagt gula. Alla fraktionerna gulnade något om de utsattes för solljus, under ett par dagar.

Analys:

Den odestillerade oljan, restoljan och alla fraktionerna utom bensinfraktionen ($<200^{\circ}\text{C}$) undersöktes med avseende på deras lämplighet som diesel- och reaktionsbränsle. Fraktion $<200^{\circ}\text{C}$ ansågs vara för lättflyktig för dessa ändamål. Den odestillerade oljan torkades med CaCl_2 under 24 timmar och filtrerade före analyseringen. Tabell 15 anger samtliga analysdata för de undersökta oljorna.

1. Specifik vikt.

Specifika vikten d_4^{20} bestämdes med Sprengler pyknometer. Dubbelprov gjordes och visade noggrannheten $\pm 0,0001$. d_4^{20} omräknades med formler och tabeller i The Science of Petroleum del II till $60/60^{\circ}\text{F}$ ($15/15^{\circ}\text{C}$) och grader API.

2. Viskositet.

Denna bestämdes i Vogel-Ossag viskosimeter vid $0,0^{\circ}\text{C}$, $\text{Cat} + 11^{\circ}\text{C}$, $+ 20,0^{\circ}\text{C}$ och $+ 50,0^{\circ}\text{C}$. Värdena för $+50^{\circ}\text{C}$ är ej fullt tillförlitliga emedan det enda tillgängliga kapillärröret var för grovt och strömningshastigheten vid denna temperatur således något för stor. På grund av att termometern ej gick längre ned än till -4°C extrapolerades viskositeterna för -40°C , -20°C , -18°C (0°F) och interpolerades $37,8^{\circ}\text{C}$ (100°F), i ett viskositets-temperatur diagram (ASTM (26) D 341 - 43). De extrapolerade lägre viskositeterna anges med en decimal, när denna varit möjlig att avläsa, medan de högre viskositeterna anges med hela tal. Se tabell 15, fig. 21.

3. ASTM-destillation utfördes enligt ASTM D 158-41 för samtliga oljor (även bensinfraktionen). Destillationskurvorna synas i fig. 16. Ur figuren framgår att fraktioneringen inte är särskilt skarp för de lägre fraktionerna men blir bättre ju högre upp man kommer. Detta beror till en del på att återflödet inte var tillräckligt stort, men med större återflöde skulle fraktioneringen ha tagit alltför lång tid i anspråk. För det andra är kolväten med olika kokpunkter så intimt blandade i oljan att en god fraktionering även ur den synpunkten, är svår att utföra inom en begränsad tid. På något oförklarligt sätt innehöll fraktion $245 - 260^{\circ}\text{C}$, några ml lättflyktiga beståndsdelar. Se tabell 15.

Fraktionen toppades innan prov sändes till Nynäshamn för cetantalsbestämning. Destillatet (c:a 5 cc) var av lukten att döma bensin. Troligen hade några ml. av bensinfraktionen hamnat i denna fraktion. Denna ringa mängd bensin (c:a 2,5 o/oo) kan dock knappast ha något inflytande på andra analysdata än flampunkten. (Se fig. 20).

4. Flampunkten bestämdes i Pensky-Martens flampunktsapparat (Tag closed tester) enligt ASTM D 56 - 36. Fraktion 245 - 260 gav en för låg flampunkt beroende på förurening av bensin (Se fig. 20).

5. Lägsta flyttemperaturen och kristallisationstemperaturen bestämdes enligt normernas i ASTM D 97 - 39. Ingen grumling av oljan kunde förmärkas med till -62°C . Restoljan stelnade vid -60°C medan de övriga fraktionerna och den odestillerade oljan varo flytande vid -62°C . Dessa låga stelningspunkter äro ty- piska för aromat- och naftenrika oljer.

6. Hartstalet (Potentiellt harts) bestämdes enligt ASTM D 381-44. Metoden är utarbetad för bensin och det visade sig att den odestillerade oljan och restoljan inte fullständigt förflyktigades. Fraktion $200-215^{\circ}\text{C}$ och $230-245^{\circ}\text{C}$ lämnade knappast någon rest efter avdunstningen. (Se tabell 15).

7. Kokstal enligt Conradsson, på 10% återstod. ASTM D 189-41, gjordes på den odestillerade oljan, Fraktion 200 - 215 samt restoljan. De flesta dieseloljenormer ange Conradssontal på 10% återstod. Proverna destillerades i ASTM-destillations- apparat till dess exakt 90% hade destillerat över. På återstoden bestämdes sedan kokstalet. De tre undersökta proven visade mycket låga kokstal vilket är rätt egendomligt emedan aromatrika oljer tendera att ge koks.

8. Anilinpunkten bestämdes enligt I.P. 2/45 Metod A (23).

9. Brytningsindex n_D^{20} och Dispersion $n_F - n_c$ bestämdes i Abbé- refraktometer. Noggrannhet på $n_D^{20} = \pm 0,0001$.

Specifika dispersionen $\frac{n_F - n_D}{d} \cdot 10^4$ och

Specifika refraktionen enligt Lorenz - Lorenz: $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{d}$

10. Medelmolekylvikten beräknades ur medelkoppunkt (50% överdestillerat vid ASTM-destillation) och specifik vikt (25).

11. Bromtalet bestämde elektrometriskt enligt en av Braaes utarbetad metod. Noggrannhet $\pm 0,1$. Alla proven ha mycket låga bromtal, vilket ju är väntat eftersom olefinerna är lätthydrerbara.

12. Vikts % C och H bestämdes med elementaralyser, och

13. total svavelhalt i Greete-Krekeler apparat.

14. Korrosionsprov "Copper Strip Test" gjordes enligt I.P. 64/45 Metod B, på den odestillerade oljan, restoljan och fraktionerna 200-215°C och 230-245°C. Ett rent avfettat Cu-bleck placerades i varje prov, som sedan fick stå tre timmar i ett oljebad vid 100°C. Därefter tvättades blecken med kol-tetraklorid, torkades och jämfördes med ett obehandlat bleck. Fraktion 200-215°C visade ingen missfärgning av Cu-blecket, och fraktion 230-245 en mycket svag sådan. Den odestillerade oljan visade en tydlig svartfärgning, och restoljan en mycket stark korrosion. Strax efter det Cu-blecket placerats i restoljan blev det mörkfärgat (vid rumstemperatur) och efter upphettningen hade stora flagor lossnat från blecket.

För att undersöka vilka svavelföringenar som framkallade korrosion gjordes Doctor test, på alla oljorna. Ingen reaktion färsktes på någon olja vid provning på merkaptaner. Vid provning på fritt svavel gav de destillerade fraktionerna negativt utslag medan den odestillerade oljan och särskilt restoljan gav mycket starkt positivt utslag. Provet visade att det således är fritt svavel som ger oljan dess korrosiva egenskaper och att detta är samlat i restoljan. Att omvandla svavlet i icke korrosiva disulfider genom plumbitbehandling är svårt, eftersom man måste tillsätta merkaptanlösning i ekvivalent mängd med mängden fritt svavel. Överskott av merkaptanlösning gör oljan åter korrosiv på grund av den uppkommende fria merkaptanhalten. Det enklaste sättet att bli fri svavlet är troligen att destillera restoljan. Svavlets koppunkt är 444°C och restoljans sluttemperatur 320°C. Största delen av det fria svavlet skulle med stor sannolikhet stanna kvar i destillationsresten. Det höga slamtalet för den hydrerade Ljungströmoljan beror troligen till

en del på förekomsten av fritt svavel. Vid slamtalsbestämningen användes nämligen kopparcylindrar som kondensatorer. Det kan därför tänkas att en del av slammet består av CuS.

16. Syratalet (neutralisationstal) som anger totalhalten syror i oljan bestämdes enligt I.P. I/44 Metod A. "Total Acidity". Den odestillerade oljan, restoljan, och fraktionerna 200-215°C samt 230-245°C titreras med alkoholisk kalilut. Alla de undersökta oljorna varo neutrala.

17. Effektiva värmevärdet beräknades enligt formeln:

$$W = 9,34 + 5,51 d - 5,36 d^2 \quad (28) \text{ kcal/kg (1, 22, 29)}$$

och det kalorimetriska värmevärdet enligt formeln

$$K = 12400 - 2100 d^2 \text{ kcal/kg (1, 22, 29)}$$

Formeln för det kalorimetriska värmevärdet har utarbetats av Gragoe (22) och ger en noggrannhet av $\pm 1\%$ för de flesta oljeprodukter. Vissa ryska oljor ge dock större avvikelse.

Värmevärdet per liter erhålls genom att multiplicera värdena med specifika vikten.

18. Cetantalsbestämningen utfördes i provmotor vid oljeraffinaderiet i Nynäshamn.

19. Dieselindex, Cetenindex och "CaZ" beräknades enligt de angivna formlerna.

Ur tabell 15 och fig. 18 framgår skillnaden mellan cetantalet och de beräknade konstanterna. Cetantalen för alla prov utom den sista fraktionen och restoljan är förbluffande låga. Jämför man cetantalen för fraktionerna 200-215°C, 215-230°C och 230-245°C med cetantalet för fraktion 180-230°C av ohydrerad Ljungströmlja, kommer man till den slutsatsen att hydreringen skulle ha sänkt cetantalet avsevärt. Se tabell 16. Denhydrerade oljefraktionen innehåller 59 vol % aromater och olefiner. Olefinerna ha en något större tändvillighet än aromaterna. Men vid hydreringen ha dessa omvälvats till paraffiner vilket skulle medföra en liten höjning, eller i varje fall ingen sänkning av cetantalet. Det kan också tänkas att denhydrerade oljan innehåller cetantalshöjande komponenter, t.ex. peroxider, vilka förstörts vid hydreringen och således sänkt cetantalet något, men knappast i denna utsträckning.

Moggrannheten i bestämningen är, vid dessa låga cetantal, rätt liten. För att närmare bedöma dessa värden ha prover sändts till Centrala Flygverkstäderna i Malmslätt för bestämning av blandningsoktantal. Detta är jämförbart med mycket låga cetantal. Se fig. 5.

Jämför man cetantalet med de fysikaliska konstanterna Dieselindex, Cetanindex och "CaZ" synes det som om dessa konstanter inte är tillförlitliga vid mycket låga värden på cetantalet. De variera även inbördes rätt mycket för dessa oljor. (Se fig. 18). Anmärkningsvärt är att dieselindex visar ett minimum i fraktion 230-245°. Aromathalten har ett maximum i samma fraktion (Se fig. 18 och 19).

De prov, som insändes till Malmslätt hade följande kokintervall och oktantal:

Prov nr.	kokpunkt	oktantal
1	140-200°C	66
2	190-230°C	65
3	210-245°C	64
4	130-370°C	62

Enl. Marder bestämmes cetantalet ur formel

$$\text{cetantal} = 60 - 0,5 \times \text{oktantal}$$

Blandningsoktantalen bestämdes med isoooktan som referensbränsle till 60, 60, 56 resp. 56 och cetantalen ur tidigare formel (se sid. 5).

Sammanställning över cetantal ur olika metoder.

Metod	1 (benzin)	2 (frak.1)	3 (frak.2)	4 (Odeast.olja)
Oktantal	27	28	28	29
bland.oktantal	25	25	27	27
Dieselindex	30	28-27	27-26	30-29
cetanindex	-	28	28	30
CaZ	-	18	21	24
ur Nomogram (Dieselindex+kpt)	20	23	25	25
Cetantal	-	3	7	10
Genomsnitt:	25	26	27	29

20. Aromathalt och typanalys

Totala aromathalten bestämdes enligt I.P. 3/42. Denna metod, som är angiven i normerna för flygfotogen MC 75, beskrivs i medföljande bilaga. I korthet utförs analysen så att provet behandlas med 99%-ig svavelsyra, och anilinpunkterna bestämmes före och efter sulfoneringen.

Ur differensen mellan anilinpunkterna erhålls aromathalten direkt i en tabell. Procenten aromatiska, nafteniska och paraffiniska C-atomer bestämdes enligt en metod av Deanesly och Carleton (27). Metoden beskrivs utförligt i medföljande bilaga. Aromat- naften- och paraffinhaltens variation i olika fraktioner syns i fig. 19. Ur figuren framgår att kurvorna för den totala aromathalten, och procenten aromatiska C-atomer, ha samma form, och båda ge ett maximum i fraktion 230-245. Ur avståndet mellan dessa kurvor kan man uppskatta procenthalten paraffiniska och nafteniska sidokedjor på aromaterna till c:a 15% av totala aromathalten, för alla fraktionerna.

Jämför man kurvorna för procenthalten aromatiska, nafteniska och paraffiniska C-atomer finner man att aromat- och paraffinhalterna ha ett maximum i fraktion 230-245°C. I de högre fraktionerna sjunker paraffinhalten snabbt. Naftenhalten har ett minimum i denna fraktion och stiger starkt i de tyngre fraktionerna.

21. Naftalinhalten bestämdes i fraktion 200-215°C enligt en metod av Perna och Pelcik (30). En invägd mängd prov spädde med litet aceton och hälldes i en mättad lösning av pikrinsyra. Efter två timmar filtrerades naftalinpikratfällningen, tvättades och nedfördes i 100 ml vatten. Lösningen fick koka till dess all naftalin förångats. Den frigjorda pikrinsyran titrerades i den heta lösningen med 0,1 - u NaOH.

Naftalinhalten i denna fraktion var = 0,8 %.

Resultat av undersöningen.

Oljornas lämplighet som dieselbränslen:

I tabell 16 jämförs de hydrerade fraktionernas data med normer för olika dieselbränslen. Ur tabellen framgår att cetantalen för de undersökta fraktionerna är avsevärt lägre än vad minimifordringarna anger. Den enda fraktion som skulle kunna användas för medelsnabba motorer (Mö 2) är restoljan. Den har emellertid en för starkt korroderande verkan. Det korrosiva svavlet kan dock troligen avlägsnas genom destillation.

Alla övriga data falla inom gränserna för de svenska fordringarna. Bl.a. är destillationstemperaturerna lägre än angivna maximivärden och flampunkterna högre än minimivärdet för Mö 1. Även bensinfraktionen uppfyller troligen alla normer för Mö 1 utom cetantalet (destillationstemperaturer se tabell 17). Flampunkten för denna fraktion är med sannolikhet c:a 40°C emedan den odestillerade oljan har en flampunkt på 44°C .

Som sådan kan den hydrerade oljan inte användas som dieselbränsle. Om den raffineras med svavelsyra kommer cetantalet med säkerhet att höjas avsevärt. Om en sådan raffinering görs bör man taga med bensinfraktionen. Denna utgör 31 vol% av oljan och utbytet blir således större.

Oljornas lämplighet som reaktionsbränslen:

I tabell 17 jämförs de hydrerade oljefraktionerna med svenska och amerikanska normer.

Ur tabellen framgår följande:

- a) Ingen av fraktionerna uppfyller fordringarna för aromathalten
- b) Specifika vikten är för hög i samtliga fraktioner och i den odestillerade oljan.
- c) Viskositeten: Den odestillerade oljan, fraktion 200-215 och eventuellt fraktion 215-230 falla inom ramen för både amerikanska och svenska fordringar.
- d) Destillation.

Normer:	J.P. 1	J.P. 2	J.P. 3	MC 75
	Frakt < 200	Frakt < 200		Fr. < 200
Fraktioner som uppfylla fordr.	Frakt 200-215	Frakt 200-215	Frakt 215-230	Fr. 215-230
Uppfylla fordr. Frakt 215-230		Frakt 215-230	Frakt 230-245	
			Frakt 245-260	

Ur tabell 17 framgår även att den odestillerade oljan har för hög sluttemperatur. För övrigt faller den inom ramen för fordringarna. Om den destilleras till 300°C kommer den att uppfylla fordringarna för J.P. 1, J.P. 3 och MC 75.

- e) Korrosionen är för stark i den odestillerade oljan och restoljan. Om den odestillerade oljan destilleras till 300°C kommer svavlet med stor sannolikhet att stanna kvar i destillationsresten.
- f) Hartstalet kunde inte bestämmas enligt ASTM D 381-44 på den odestillerade oljan och restoljan. Det låga hartsstalet för fraktionerna 200-215 och 230-245 antyder dock att även den odestillerade oljan har lågt hartstal.
- g) Värmevärdet för alla fraktioner är lägre än minimifordräningar för MC 75 men uppfyller fordringarna för J.P. 1, J.P. 2 och J.P. 3.
- h) Alla övriga data överensstämmer med både amerikanska och svenska normer.

På grund av den höga aromathalten kan den hydrerade Ljungströmljan inte direkt användas som reaktionsbränsle. Aromathalten kan sänkas avsevärt genom raffinering med svavelsyra. Om oljan destilleras till 300°C (och således även bensinfraktionen medteges) och raffineras med svavelsyra kunna fordringarna på aromathalt och destillationstemperaturer troligen uppfyllas. Samtidigt avlägsnas det korrosiva svavlet och specifika vikten kommer att sjunka.

Bilaga.

1. Beskrivning av de metoder som används för bestämning av aromathalten och oljans sammansättning.

På de undersökta oljorna bestämdes sammansättningen enligt en metod utarbetad av Deanesly och Carleton och totala aromathalten enligt I.P. 3/42. Nedan följer en kort beskrivning över:

Typanalys av kolväten utarbetad av Deanesly och Carleton (27). Metoden går ut på att först bestämma aromathalten eller omättnadsgraden i provet och därefter bestämma strukturen för den mättade delen.

Bestämning av omättnadsgrad eller aromathalt. (aromaticity).

För enskilda mättade kolväten gäller, att Lorenz-Lorenz molekylarefraktion,

$Mr = M \times \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{d}$ kan erhållas genom addition av konstanta inkrement för C och H-atomerna förutsatt att det inte finns någon annan ringstruktur än 5- och 6-ringer i molekylen.

För $C_n H_{2n+x}$ gäller således

$$Mr = An + Bx - \dots \quad (1).$$

A och B = konstanter

M = molekylvikt

r = specifik refraktion.

Det additiva sambandet undersöktes för en mängd mättade oljor ($C_n H_{2n+x}$). Ekvation 1 omvandlades för detta ändamål till

$$r = a + b \cdot y - \dots \quad (2).$$

r = specifika refraktionen

a och b = konstanter

y = vikts % väte definierad av ekvationen

$$y = \frac{1,008 (2n + x)}{M} \times 100.$$

• En diagram avsattes r på absissen och y på ordinaten. De imprickade värdena spred sig tätt omkring en rät linje, vilket visar att ekvation 2 och således även ekvation 1 är allmängiltiga för mättade kolväteblandningar. Den räta linjens ekvation beräknades till

$$r = 0,2084 + 0,008421 y. \quad \text{--- (3).}$$

Om det finns dubbeldbindningar i molekylen tillkommer till ekv. 1 ännu ett additivt inkrement för varje dubbeldbindning, som dock varierar med dubbeldbindningens natur. Om det variabla inkrementet betecknas med k och antalet dubbeldbindningar i molekylen med Z får

$$Mr = An + Bk + kZ$$

• Vid dehydrering av en mättad olja, vars specifika refraktion uttrycks av ekvation 3, skulle denna således förändra sig till

$$r = 0,2084 + 0,008421 y + \frac{kZ}{M} \quad \text{--- (4).}$$

2. I detta sammanhang införes storheten h som definieras såsom omätttnadsgraden uttryckt i gram väte per 100 g prov.

$$\text{Således: } h = \frac{201,6 \cdot Z}{M} \quad \text{--- (5).}$$

h insättes i ekvation (4) som då förändras till

$$r = 0,2084 + 0,008421 y + \frac{h k}{201,6} \quad \text{--- (6).}$$

Som redan nämnts är första steget i typanalysen att bestämma omätttnadsgraden eller aromathalten. (Olefiner behandlas i fortsättningen som partiella aromater).

Ekv. 6 uttrycker omätttnadsgraden h i storheterna r, y, och k, av vilka endast k är obekant. För att kunna beräkna h fördras således ännu en ekvation angivande samband mellan h och k. (k = additiva inkrementet per dubbeldbindning till molekylär refraktionen).

För detta ändamål utnyttjas specifika dispersionen enligt Gladstone och Dale:

$$S = \frac{n_F - n_e}{d} \cdot 10^4$$

S är approximativt = 98 ± 1 för mättade kolväten och ökar för omättade föreningar. Ökningen i den molekulära dispersionen på grund av dubbeldbindningar är således:

$$M(S - 98)$$

och inkrementet per dubbeldbindning:

$$\frac{M(S - 98)}{Z}$$

Kombineras detta inkrement med ekv. (5) blir inkrementet:

$$201,6 - (S - 98)$$

h

Inkrementet är således en konstant multipel av storheten $(S - 98)$ som här kallas dispersiviteten. För att få ett samband mellan dispersiviteten och k (= inkrementet per dubbeldubbelbindning till molekylar-refraktionen) avsattes, i ett diagram, dispersiviteten på abskissen och k på ordinaten. Konstanterna för olika typer av oljor och kolväten ingickades, och föllo i stort sett utmed en svagt böjd linje. Denna linje ekvation beräknades till

$$k = 0,811 \cdot \frac{[S - 98]}{h} 0,292 \quad \text{--- (7).}$$

Med hjälp av ekvation 6 och 7 kan således omättningsgraden h uträknas. Emedan uträkningarna är rätt besvärliga ange författarna två nomogram med vars hjälp h och k lätt erhålls ur r , s och y .

Bestämning av procenten aromatiska, nafteniska och paraffiniska kolatomer i molekylen.

Omättningsgraden h kan således bestämmas ur de uppmätta konstanterna r , y och S . Antag tills vidare att de omättade kolvätena endast är aromatiska. Då erhålls procentuella mängder aromatiska kolatomer per molekyl för en kolväteblandning med formeln $C_n H_{2n+2}$, ur följande ekvation:

$$A = 100 \cdot \frac{2Z}{n} \quad \text{--- (8).}$$

$A = \%$ aromatiska C-atomer per molekyl.

$Z =$ antalet dubbeldubbelbindningar per molekyl

3) Antalet C-atomer i molekylen = n . Då får

$$n = \frac{M(100 - y)}{12,010} \cdot \frac{100}{100}$$

$M =$ medelmolekylvikten

$y =$ vikts % väte. $n = \frac{M \cdot (100 - y)}{1201,0}$

Enligt ekvation 5 är:

$$h = \frac{201,6 \cdot Z}{M} \quad \text{och} \quad Z = \frac{h \cdot M}{201,6}$$

Insättas värdena för Z och n i ekvation (8) får efter hyfsning

$$A = \frac{1191,5 \cdot h}{100 - y} \quad \text{--- (9).}$$

Om olefiner finns i provet måste omättnadsgraden h korrigeras för olefinhalten. h anger totala omättnadsgraden. h_0 omättnadsgraden beroende av olefinhalten, och h_A den aromatiska omättnadsgraden. Då gäller:

$$h_A = h - h_0$$

h_0 uttryckes av bromtalet enl. följande ekvation.

Bromtal

$$h_0 = 79,3$$

79,3 = atomvikten för brom.

Den verkliga aromathalten uttryckes då av ekvationen:

$$A = \frac{1191,5 \cdot h_A}{100 - y} \quad \text{--- (10)}$$

Antalet aromatiska C-atomer i molekylen erhålls lätt om A är känt:

$$\text{Aromatiska C-atomer} = \frac{n \cdot A}{100}$$

n = totalt antalet C-atomer i molekylen

Nästa steg är att beräkna antalet ringar i molekylen.

Ringantalet R får ur ekvationen: (Summaformel $C_n H_{2n+x}$)

$$2R + 2Z + x = 2 \cdot n + 2 \cdot 2 \quad \text{--- (11)}$$

$$\text{Enl. ekvation 5 är } Z = \frac{M \cdot h}{201,6}$$

x kan beräknas ur atomvikterna för H, C och CH_2 (=14,026) således

$$x = \frac{0,14026}{1,008} \cdot y - 2$$

12,010

Insättas värdena för x och Z i ekvation (11) får

$$R = 1 - \frac{M \cdot h}{201,6} + \frac{M (2,016 - 0,14026 \cdot y)}{24,212} \quad \text{--- (12)}$$

Man kan enligt ekvation 12 således bestämma totala antalet ringar per molekyl. Men för att kunna bestämma halten nafteniska och paraffiniska C-atomer måste man känna till antalet C-atomer per ring. Detta kan inte beräknas och man måste således uppskatta antalet ringkolatomer. Detta betecknas med C_R . De flesta petroleumoljor innehålla till största delen endast 5- och 6- ringar. En viss ledning vid uppskattning ger värdet på k , enligt omställ-

<u>Kolväte</u>	<u>k vid 20°C</u>
Cyklopenten	1,46
Alkylcyklohexener	1,40-1,85
Alifatiska monocolefiner	1,60-1,90
Alkyl bensoler	1,60-1,90
Inden	1,89
Difenyl	1,91
Alkylnaftaliner	2,10-2,25
Alkylantracener	2,60-2,90

För de hydrerade oljorna har C_R valts till 5,5 C-atomer per ring. Då R är beräknat och C_R uppskattat fås antalet ring C-atomer per molekyl = $R \cdot C_R$, antalet nafteniska C-atomer per molekyl = $R \cdot C_R - \frac{A \cdot n}{100}$, antalet paraffiniska C-atomer per molekyl = $n - R \cdot C_R$.

Divideras dessa värden med totala antalet C-atomer per molekyl (n) och multipliceras med 100 fås procentuella mängden aromatiska, nafteniska och paraffiniska C-atomer. Olefinerna kunna inte enligt denna metod bestämmas separat, de cykliska olefinerna inbefattas i naftenhalten och de acykliska i paraffinhalten. I de undersökta oljorna är olefinhalten så låg att de inte inverka på analysen. Denna analysmetod jämförd med Watermans metod ger rätt god överensstämelse för aromathalter under 40 %. År aromathalten högre, ger Watermananalysen mycket högre värden än denna. T.ex. ger en aromatisk olja 46 % aromatiska C-atomer enligt denna metod och 85 % C-atomer enligt Watermans analys. Vilken av dessa värden som är det viktigaste är däremot svårt att säga. För att närmare belysa gången i analysen följer nedan beräkningarna för fraktion 200-215°C.

Fraktion 200 - 215 °C.

$$\text{Spec. vikt } d_4^{20} = 0,8468$$

$$\text{Brytningsindex } n_D^{20} = 1,4721$$

$$\text{Spec. dispersion } \frac{n_F - n_c}{d} \cdot 10^4 = 129,7$$

Bromtal

Medelmolekylvikt M = 153

Vikts % C = 87.63

" " H

Summa C + H = 100.0

$$\text{Vätehalten } y = \frac{H}{C+H} \cdot 100$$

y beräknas på detta sätt för att minska felet, förorsakat av små mängder forureningar i oljan.

$$\text{Specifika refraktionen } r = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{d} = 0,3308$$

h . k ur nomogram = 3.6

Omättnadsgraden h fås ur nomogram = 2.01

Inkrementet per dubbeldragning för mol. refraktionen $k = \frac{h \cdot k}{1 - h \cdot k} = 1.79$

$$\text{Olefinska omätnadsgraden } h_o = \frac{\text{Bromtalet}}{79,3} = \frac{1,1}{79,3} = 0,01$$

$$\text{Aromatiska omättnadsgraden } h_A = h - h_0 = 2,01 - 0,01 = 2,00$$

$$\text{Aromathalten A} = \frac{1191,5 \cdot h_A}{100} = 27,2$$

$$\text{Antalet C-atomer i molekylen} = n = \frac{M(100-y)}{100-y}$$

Antal et al. 1201 = 11,15

$$\text{Antalet ringar per molekyl} = 1 - \frac{m \cdot n}{201,6} + \frac{M(2,016 - 0,14026 \cdot y)}{24 \cdot 212} = 1,19$$

Antalet C-atomer per ring = $C_n = 5,5$ (uppskrattat värde)

Antalet aromatiska C-stavar per molekyl = $R \times C_R = 6,55$

$$\text{Antal aromatiska C-atomer per molekyl } 0 = \frac{A \cdot n}{A \cdot 100} = 3,04$$

$$C_N = R \cdot C_R - C_A = 3,51$$

$$\text{paraffiniska} \quad " \quad " \quad " \quad " \quad O_p = \pi - R \cdot C_p =$$

Vikts % aromatiska C-atomer ≤ 27

Vikts % nafteniska C-stamer = Cn 100 - 30

$$\text{Vikts \% paraffiniska C-atomer} = \frac{C_p}{n} \cdot 100 = 32$$

Bestämning av aromathalten genom behandling med 99% H_2SO_4 .

Enligt normerna för flygfotogen MC 75 skall aromathalten bestämmas enligt IP 3/42. Provet behandlas med $99 \pm 0,5\%$ H_2SO_4 , och därefter bestämmes anilinpunkten på oljan. Differensen mellan anilinpunkterna före och efter svavelsyrabehandlingen korrigeras för olefinhalten. Ur en tabell avläses den aromathalt som motsvarar den korrigerade differensen. På detta sätt kunna oljor med max 40% aromater analyseras. År däremot aromathalten större än 40% måste det ursprungliga provet blandas med någon aromatfri substans, t.ex. i förhållandet 1:1, och anilinpunkten på blandningen bestämmas före och efter svavelsyrabehandlingen. Ur blandningens aromathalt kan sedan aromathalten för det ursprungliga provet lätt beräknas.

De hydrerade oljorna behandlades enligt föreskrifterna med 99 %-ig svavelsyra och anilinpunkten på den mättade oljan bestämdes. Differensen mellan anilinpunkterna före och efter H_2SO_4 behandlingen uträknades. Det visade sig att differensen för fraktionerna 215-230, 230-245 och 245-260, var för stor, för att direkt ur tabellen kunna avläsa provens aromathalt. För dessa fraktioner blandades de ursprungliga proven med en viss mängd svavelsyrebehandlad olja ur samma prov. På detta sätt hade den aromatfria substansen i blandningen ungefär samma kokintervall som det ursprungliga provet. Anilinpunkten på blandningarna bestämdes och ur differensen mellan den svavelsyrabehandlade oljans anilinpunkt och blandningens anilinpunkt erhölls aromathalten för blandningen ifråga. Då mängden aromatfri substans var känd kunde aromathalten för det oblandade provet lätt uträknas.

För att få ett begrepp om metodens tillförlitlighet gjordes tre bestämningar på kända blandningar av tetratin (kokp. $205-207^\circ C$) och n-dedekan (kokp. $215^\circ C$).

	<u>Aromathalt vikt % enl. invägning</u>	<u>Aromathalt enl. analys.</u>
Prov 1	35,0	35,2
Prov 2	41,0	39,7
Prov 3	45,6	43,8

Ur tabellen framgår att metoden är rätt tillförlitlig åtminstone då olefinhalten är låg.

2. Litteraturförteckning över analys av fotogeners och tyngra oljors sammansättning.

Aromatbestämning genom svavelsyra behandling:

1. Standard Methods for testing Petroleum and its Products.

Institute of Petroleum, London.

Metoden är beskriven på föregående sida.

2. Determination of Aromatics and Olefins in Hydrocarbon

Mixtures, C. Berg, F.D. Parker: Anal. Chem. 1948 20 456.

Behandling med rykande svavelsyra (15 % SO_3) och konc. ättiksyra ger noggrannare värden än enbart 98 % svavelsyra.

3. Determination of Jotal Aromatics and Olefins.

Mells, Kurtz, Heyn, Lipkin. Anal. Chem. 1948 20 333. Aromat och olefinhalten bestämmes genom behandling med konc. H_2SO_4 innehållande 30 vikts % P_2O_5 .

Aromatbestämning genom adsorption i silicagel.

National Bureau of Standards har utgivit en mängd publikationer bland vilka kan nämnas följande:

4. Analytical determination of aromatic hydrocarbons by adsorption. Mair, Forziati, J. Research Natl. Bur. Standards 32 151 (1944) RP 1582.

5. Separation and recover of aromatic hydrocarbons from paraffins and naphtenes by adsorption.

Mair, Forziati, J. Research Natl. Bureau of Standards 32 151 (1944) R.P. 1582.

6. Proposed method of test for aromatic hydrocarbons in mixtures with naphtenes and paraffins by silicagel adsorption.

Mair, Rossini: ASTM Standards of Petroleum Products com. D-2 Yearbook p. 20 (1946). ASTM Standards of Petroleum Products com. D-2 Yearbook p. 486 (1947).

7. Assembly and testing of a 52-foot laboratory adsorption column. Separation of hydrocarbons by adsorption.

Mair, Gaboriault, Rossini: Ind. Eng. Chem. 39, 1072 (1947).

8.q Determination of Aromatics in Petroleum Products.

Al. Conrad Anal. Chem. 1948 20 233.

En kromatografisk metod beskrives för användning vid bensin och fotogenfraktioner. Metoden kombinerar silicagel-adsorption och fluorescens i ultraviolett ljus, och ger aromathalten med en noggrannhet av $\pm 2 \%$. Olefiner och andra kolväten står ej.

9. Vlugter, Waterman, van Westen: Type analysis of hydrocarbons.
J. Inst. Petroleum juli 1935 sid. 661-676.

Enligt denna metod kan man bestämma procenthalten aromatiska, nafteniska och paraffiniska C-atomer (innefattande paraffiner och paraffiniska sidokedjor) med hjälp av molekylvikt, brytningsindex, specifik vikt och anilinpunkt. Metoden utarbetades så att olika oljor hydrerades och de fysikaliska konstanterna beständes före och efter hydreringen. Aromathalten erhölls ur förändringen i fysikaliska data vid hydreringen, och naften och paraffinhalten ur den mättade oljans konstanter. Författarna har hydrerat en mängd olika oljor och ritat diagram över förändringarna av konstanterna. Vid analys enligt denna metod behöver man således ej hydrera oljan, utan konstanterna för det hydrerade provet kunna med hjälp av dessa diagram beräknas ur originalprovets data. Diagrammen är utarbetade för tyngre oljor (molekylvikt < 300).

10. Deanesly, Carleton. Type Analysis of Hydrocarbons.
Metoden har tidigare beskrivits.

11. Calculation of Weight Per Cent Ring and Number of Rings per Molecule for Aromatics.

Lipkin, Martin, Anal. Chem. 19 (3) 183 (1947).

Vikts % ringar och antalet ringar per molekyl beräknas ur specifika vikten och specifika viktens temperaturkoefficient, vilken senare kan fås ur molekylvikten. Om naftener finns närvärande ger metoden för låga värden. I en blandning av paraffiner och aromater är den tillförlitlig. Den kan med fördel kombineras med silicageladsorption.

12. Analysis of Naphtenic Ring Content in Mixtures of Naphthenes and Paraffins.

Lipkin, Martin, Kurtz.

Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 18 376 (1946). Procent nafteniska ringar beräknas ur specifik vikt eller specifik refraktion samt specifika viktens temperatur koefficient.

Litteraturförteckning.

1. Gruse, Stevens: The Chemical Technology of Petroleum s.498-507.
2. W.L. Nelson: Oil Gas Journal 17, 9 - 42, 41, (19) 47.
" " " 2.10 - 41 40, (21) 42.
3. Institute of Petroleum: Standard Methods for Testing Petroleum and its Products: Method IP 41/42
4. Journal Inst. Petroleum 30 (juli 1944) 193 - 197.
5. G. Vorberg: Petroleum Refiner okt. 1945 24 (10) 394 - 396.
6. W.C. Frische: Petroleum Refiner okt. 1946 25 517 (Nomogram)
7. Oil Gas Journal 13. 11. 41 40, 27.
8. Gregor, Mac Pherson, Pinotti: Petroleum Refiner 27 (7) 365 - 370 (juli 1948).
9. Doyle, Lenden: Trans. Amer. Soc. Mech Engr. nov. 1948 70 (8) 937 - 949.
10. Erhov, Zelenin: Dieselbränsle ur Skiffer, Meddelande 1 Tidsskrift för tillämpad kemi XX 841 - 844 (1947).
11. Smolak, Nelson: Petroleum Refiner 27 (8) 405 - 409 (eng. 1948).
12. Apjohn, Nelson: Petroleum Refiner 27 (7) 346-354 (juli 1948).
13. Marder: Motorkraftstoffer. Del 1.
14. E. Grabe: Svensk kemisk tidskrift 56 (4) (1944)
" " " 57 141 - 148 (1945).
15. Marder, Heinze, Weidt: Del und kohle 37 422-30 (1941).
16. G. Magnusson: Teknisk Tidskrift 79 (12) 219 - 222 (mars 1949).
17. C.G. Williams: Journal Inst. Petroleum 33, n:r 281 Maj 1947.
18. Murray: Oil Gas Journal 8, jan. 1948 s. 53.
19. C.R. Johnsson: Amer. Soc. Mech Engr. 28 maj 1947.
20. Oil Gas Journal 13. 1. 45, 43, (36) 84.
21. Rapporter från högtryckslaboratoriet vid IVA (ej publ.).
22. The Science of Petroleum del II.
23. Standard Methods for Testing Petroleum and its Products. Institute of Petroleum, London.
24. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 18, 633 (1946).
25. " " " 38, 447 (1946).
26. ASTM-Standards of Petroleum Products and Lubricants sept. 1945.
27. Deanesly, Carleton: Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 14, 220 (1942).
28. Ingenörshandboken del I.
29. Bur. Stds. Misc. Pub. n:o 97 (1929).
30. Chem. Abstracts 43 (1949) 2755
31. Teknisk Tidskrift 22 jan. 1949.
32. Oil Gas Journal 17. 9. 42 41 (19) 47.
33. The Petroleum Times dec. 20, 1947 s. 1267.
34. Oil Gas Journal 13. 11 - 41 40 (27) 27.
35. J. Soc. Ant. Engr. 1941 49 (4) 448.
36. Uppgifter från kungl. Flygförvaltningen
Materialavdelningen, Motobyrån. (ej publ.)

Normer för dieselbränslen.

I tabell 16 upptages Svenska Teknologföreningens normer 1949, ASTM-normer för 1941, fordringar på brittiska standardbränslen 1947, fordringar på dieselbränslen för amerikanska armén 1941, och ett förslag för ett universaldieselbränsle för amerikansk snabb armé- och marinutrustning 1941.

Svenska Teknologföreningens normer, rev. 1949. (31).

Motorbrännoljorna äro uppdelade i fyra klasser, Mb 1, Mb 2, Mb 3 och Mb 4.

Mb 1 är lämplig för diesel - hesselman och tändkulemotorer med varvtal omkring och över 1000 r/m, i bussar lastbilar, traktorer mindre båtar, motorvagnar m.fl.

Mb 2 är lämplig för diesel- och tändkulemotorer med varvtal ej överstigande 1000 r/m i fartyg och stationära anläggningar.

Mb 3 är lämplig för medelstora dieselmotorer med varvtal upptill 600 r/m i fartyg och stationära anläggningar.

Mb 4 är lämplig för långsamtgående dieselmotorer upptill 300 r/m i fartyg och industriella anläggningar.

ASTM - normerna (32) upptaga fyra bränsletyper, 1D, 2D, 3D, och 4D.

1D och 2D äro lämpade för snabba bil- och fartygsmotorer.

3D och 4D användas vid större långsamtgående motorer

De brittiska normerna (33) ange två standardbränslen, typ A och typ B.

Typ A gäller för snabba bil- och fartygsmotorer.

Typ B för långsamtgående motorer.

De amerikanska arméspecifikationerna (34), gälla för snabba dieselmotorer i armébilar m.m. Bränslenä äro uppdelade i tre typer beroende på i vilket klimat de skola användas.

Typ A bör användas i varma trakter.

Typ X i kalla nejder.

Typ B i tempererade zoner.

I normerna anges inom vilka geografiska områden respektive bränsle är är lämpligast (34).

Det föreslagna universaldieselbränslet är lämpat för snabb armé och marinutrustning.

Normer för reaktionsbränslen.

I tabell 17 anges normerna för de amerikanska reaktionsbränslena JP 1, JP 2, och JP 3, den föreslagna svenska normen för flygfotogen MC 75, och data för det engelska reaktionsbränslet SR 312.

Amerikanska normer (18).

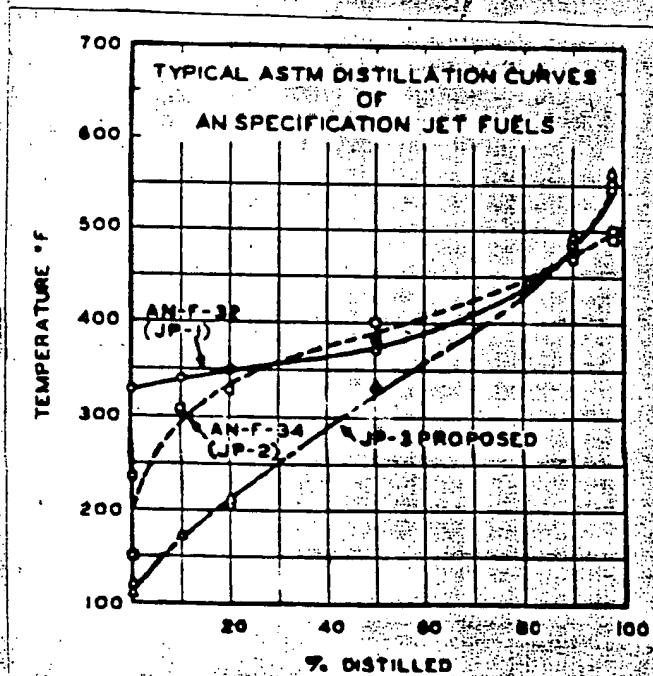
JP. 1. fördrades i januari 1948 för alla flyg- och markoperationer av militära reaktionsflygplan. (Analysmetod AN - F - 32).

JP. 2. användes till början av 1948 för markundersökningar av reaktionsmotorer, men bestämmelserna upphävdes i januari 1948, varför denna typ ej mer användes. (Analysmetod AN - F - 34).

JP. 3. Enligt uppgifter i januari 1948 (18) skulle JP. 3. inom en mycket snar framtid ersätta JP. 1. som reaktionsbränsle för militära flygplan.

I jämförelse med JP. 1. tillåter JP. 3. ett större destillationsintervall, större ångtryck och högre aromathalt. Fig. 14 visar destillationskurvorna för JP.1., JP.2. och JP. 3.

Fig. 14.



I fig. 15 anges de procentuella mängder av de olika typerna, som kunna erhållas ur rå olja. Vad beträffar "cracked - straight run blends" är det inte säkert att de komma att motsvara alla fordringar för JP. 3. Undersökningar visa att hartstalet i många fall blir högre än det maximalt tillåtna.

Fig. 15.

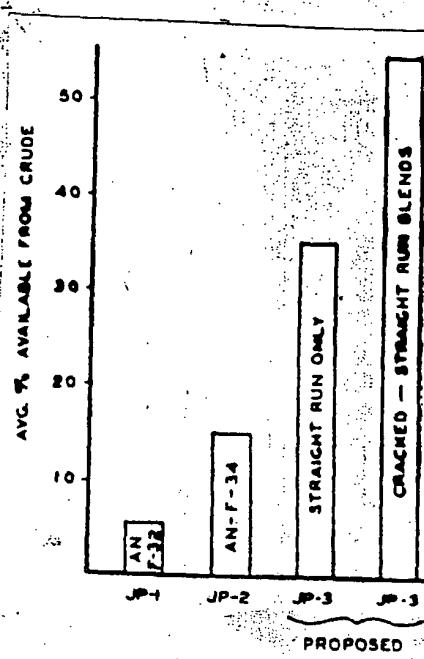


Fig. 6—Availability of jet fuels

Svensk norm.

Den föreslagna normen för flygfötogen, MC 75 är ännu ej fastställd. En del av de fordringar som ej specificerats har inte medtagits i tabell 17. Tabell 18 visar denna norm sådan den för närvarande ser ut.

Flygfötogen enligt MC 75 är för närvarande det enda reaktionsbränsle som användes inom flygvapnet.

Tabel 15.

		Odest. olja	Frakt 200-215	Frakt 215-230	Frakt 230-245	Frakt 245-260	Rest ≥260
Specifik vikt	d_4^{20}	0,8528	0,8468	0,8597	0,8705	0,8778	0,8897
" "	d_6^{60} F^{60}	0,857	0,851	0,864	0,875	0,882	0,894
API		33,6	34,8	32,3	30,2	28,9	26,8
Viskositet -40°C	cst	ca 8,5	ca 5,5	ca 11	ca 22	ca 40	—
" -20°C	cst	4,9	3,6	5,6	9,5	14	ca 75
(18 $^{\circ}\text{C}$) 0°F	"	4,6	3,4	5,4	9,0	12,5	ca 67
0 $^{\circ}\text{C}$	"	3,43	2,68	3,64	5,11	7,01	22,3
20 $^{\circ}\text{C}$	"	2,39	2,08	2,51	3,09	3,99	9,48
(37,8 $^{\circ}\text{C}$) 100 $^{\circ}\text{F}$	"	1,9	1,7	2,0	2,4	2,8	5,5
50 $^{\circ}\text{C}$	"	1,69	1,56	1,76	1,99	2,35	4,11
Dest. f.d.	$^{\circ}\text{C}$	126	168	196	206	(164)	261
10%		174	191	211	225	243	278
20%		187	194	213	226	249	281
50%		216	201	218	233	253	289
90%		270	215	228	244	260	317
Sluttemp.		320	231	245	258	272	347
Förlust	vol%	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5
Flampunkt PM	$^{\circ}\text{C}$	44	62	76	88	(82)	123
Lägsta flyttemp.	$^{\circ}\text{C}$	≤-60	≤-60	≤-60	≤-60	≤-60	≤-58
Hartstal	mg/100ml		1	—	1	—	
Conradssontal	vikts%	<0,1	40,05	—	—	—	<0,1
Ångtryck	kg/cm ²	<0,01	<0,01	—	—	—	—
Anilinpunkt	$^{\circ}\text{C}$	31,6	27,7	27,9	29,4	33,6	51,5
Dieselindex		30	28	27	26	27	33
"Cetanzahl" CaZ		24	18	21	24	30	41
Cetanindex		30	28	28	29	32	38
Cetantal		10	3	7	9	18	35
Brytningsindex E_D 20	1,4755	1,4721	1,4792	1,4852	1,4888	1,4943	
Spec. disp. ($n_F - n_O$) ^d	129,7	129,7	128,1	129,5	130,5	134,4	
Medelmolekylvikt		164	153	165	175	189	218
Bromtal enl. Braae		1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,6
Elementaranal. C	vikts%	87,46	87,63	87,74	88,03	87,83	87,98
H	"	11,89	12,45	12,31	11,92	11,94	12,00
H:C	"	1,62	1,69	1,67	1,55	1,60	1,63
Svavel	"	0,03	0,01	0,01	0,01	—	0,15
Specifik refrakt. $\frac{n_2 - 1}{n_2 + 2} \cdot 100$	3304	0,3308	0,3300	0,3294	0,3287	0,3274	
Aromatiska C-atomer vikts%	34	27	29	34	31	26	

50%	216	201	218	233	253	289
90%	270	215	228	244	260	317
Sluttemp.	320	231	245	258	272	347
Förlust vol%	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5
lampunkt PM °C	44	62	76	88	(82)	123
Lägsta flyttemp. °C	~60	~60	~60	~60	~60	~58
Hartstal mg/100ml	1	--	1	--	--	
Conradssontal vikts%	<0,1	<0,05	--	--	--	<0,1
Ängtryck kg/cm ²	<0,01	<0,01	--	--	--	--
Anilinpunkt °C	31,6	27,7	27,9	29,4	33,6	51,5
Dieselindex	30	28	27	26	27	33
"Cetanzahl" CaZ	24	18	21	24	30	41
Cetanindex	30	28	28	29	32	38
Cetantal	10	3	7	9	18	35
Brytningsindex D 20	1,4755	1,4721	1,4792	1,4852	1,4888	1,4943
Spec. disp. (n _F -n _C) ^d H04	129,7	129,7	128,1	129,3	130,5	134,4
Medelmolekylvikt	164	153	165	175	189	218
Bromtal enl. Brae	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,6
Elementaranal. C vikts%	87,46	87,63	87,74	88,03	87,88	87,98
H "	11,89	12,45	12,31	11,92	11,94	12,00
H:C "	1,62	1,69	1,67	1,55	1,60	1,63
Svavel "	0,03	0,01	0,01	0,01	--	0,15
Specifik refrakt. $\frac{n^2-1}{n^2+2}$ 10,3304	0,3308	0,3300	0,3294	0,3287	0,3274	
Aromatiska C-atomer vikts%	34	27	29	34	31	26
Nafteniska - " -	21	32	25	19	28	52
Paraffiniska - " -	45	41	46	47	41	22
Aromathalt total vikts%	43	44	45	47	45	38
"Copperstrip Test"	Missfärg.	Ingen missf.	--	Mkt.obe. missf.		Mkt. stark angrepp.
"Doctor - Test"	Ej merkapt fritt svavel	Negativ	Negativ	Negativ	Negativ	Ej merkapt Fritt svavel
Syratal mgKOH/g	neutral.	neutral.	--	neutral.	--	neutral.
Eff.värmev. kcal/kg	10100	10100	10100	10100	10000	10000
Eff.värmev. kcal/l	8700	8600	8700	8800	8800	8900
Kal.värmev. kcal/kg	10900	10900	10800	10800	10800	10700
Kal.värmev. kcal/l	9300	9300	9400	9400	9500	9600
Naftalin vikts %	--	0,8	--	--	--	--
Färg	gul	färglös	färglös	svagt gul	svagt gul	gul

Fordringar på dieselbränslen, jämförda med data för den hydrerade Ljungströniljan.

Tabell 16.

	Svenska normer i ÖF motorbrännoljor (1949)				ASTM normer 1941				Bri note klass
	Mb 1	Mb 2	Mb 3	Mb 4	1 D	2 D	3 D	4 D	
Cetäntal	min.	45	28	25	23	50	45	35	30
Flampunkt Cetäntal motsvarande blendinge oktantal	min. °C	40	65	65	58	60	60	60	65
Kristallisationsstemp. Lägsta flyttemp.	max. °C	—	—	—	—	—	—	—	—
Viskositet +20°C	max. °C (sommar winter-20)	0	0	0	—	—	—	—	—
ASTM dest. 85% överdest. max °C	max dest.	10	35	—	—	—	—	—	—
ASTM dest. 85% överdest. max °C 90% "	max dest.	—	—	—	—	—	—	—	—
Sluttemp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aska	max. vikt%	0,01	0,03	0,05	0,15	0,01	0,01	0,02	0,05
Koks. enl. Conradsson	—	0,2	2,0	—	—	2,0	1,0	2,5	0,1
Swavel	—	1,2	2,0	—	—	0,5	1,0	1,5	1,5
Korr. "Copper Strip Test"	3 tim. 100°C (50°C)	svagst.	—	—	—	—	—	—	—
Vatten	max. vol. %	0,10	0,5	1,0	2,0	—	—	—	0,1
Mekaniska förurenningar	max. vikt%	0,01	0,1	0,25	0,25	—	—	—	0,01
Vatten+sediment (Centrifuge)	max. %	—	—	—	—	—	—	—	—
Syratål	ug KON/g	—	—	—	—	—	—	—	noll
Käl. värmevärde min.	kgel/kg	—	—	—	—	—	—	—	10560
Eff.	—	10000	4000	3000	2000	1000	500	—	—

x Kokatal på 10% återstod.
+ beräknade värmevärden.

Brittiska normer 1947		U.S. Armé normer 1941		Förslag t. normer för universal bränsle		Toppad hydrerad ljungatrömlja					Ohydrerat lj-olja Frakt		
Klass A	Klass B	Typ A	Typ B	Typ X	USA 1941	Odast.	Frakt 200-215	Frakt 215-230	Frakt 230-245	Frakt 245-260	Rest. ≥ 260	T Frakt	180-230
45	23	50	47	45	47	10	3	7	9	18	35	—	19
65	65	60	46	43	60	44	62	76	88	(82)	123	—	—
—	—	-12	-23	-34	—	—	~60	~60	~60	~60	—	-75	—
18	—	-18	-29	-40	-18	~60	~60	~60	~60	~60	-58	-75	—
—	—	—	—	—	—	2,39	2,08	2,51	3,09	3,99	9,48	1,7	—
,0-7,5	24	2,1-4,3	1,8-4,3	1,6-4,3	1,6-5,2	1,9	1,7	2,0	2,4	2,8	5,5	—	—
350	—	—	—	—	—	1,69	1,56	1,76	1,99	2,35	4,11	—	—
—	—	343	330	315	343	258	212	226	241	258	308	—	—
—	—	371	371	343	371	270	215	228	244	260	317	225	—
,01	0,03	—	—	—	—	20	231	245	258	272	347	237	—
0,1	2,0	0,15 ^x	0,15 ^x	0,15 ^x	0,15 ^x	<0,1 ^x	<0,1 ^x	<0,1 ^x	<0,1 ^x	<0,1 ^x	<0,1 ^x	—	—
1,5	2,0	1,0	1,0	1,0	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,15	1,3
kt. svag missfärg.		mkt. svag missfärg		stark missf.		ingen missf.		—		mkt. svag missfärg.		mkt. stark korros.	
0,1	0,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
,01	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	noll	noll	noll	noll	noll	—	—	—	—	—	—	—	—
0,1	noll	—	—	neutr.	neutral	—	—	—	—	—	neutral	—	—
5560	10290	—	—	—	—	10900 ⁺	10900 ⁺	10800 ⁺	10800 ⁺	10700 ⁺	—	—	9740
—	—	—	—	—	—	10100 ⁺	10100 ⁺	10100 ⁺	10100 ⁺	10000 ⁺	—	—	—

Fordringar på reaktionsbränslen jämförda med data för den hydrerade Ljungströmoljan.

		USA Jet-fuel JP 1	USA Jet-fuel JP 2	USA Jet-fuel JP 3	Refer. fuel SE 312	F Fo EN
Specifik vikt	Min. °API	--	35,0	--	--	--
"	15 °C	Max 0,850	--	--	0,805	--
"	max 20/4 °C	--	--	--	--	0,8
Flämpunkt	min. °C	43	--	--	--	38
Viskositet vid -40 °C (-40 °F)	max cSt	10,0	10,0	10,0	--	--
" vid -18 °C (0 °F)	cSt	--	--	--	5,79	Max
" vid +38 °C (100 °F)	cSt	Min. 0,95	Min. 0,95	--	1,63	--
Stelningspunkt	Max °C	-60	-50	-60	--	--
Kristallisationstemperatur	Max °C	--	--	--	-40	-5
ASTM destillation						
F.D.	Min. °C	--	65	--	153	
10% överdest.	Max °C	Max. 210	--	--	175	
20%	"	--	--	--	183	20
50%	"	--	--	--	217	
90%	"	max. 255	--	Min. 220	269	
Sluttemperatur	"	300	260	315	283	30
Återstod	Max vol%	1,5	1,5	1,5	--	2,
Förlust	"	1,5	1,5	1,5	--	1,
Svavel	max vikts%	0,20	0,20	0,5	0,2	0,
Korr. "Copperstrip" 100 °C			Svagt missfärg.	mkt. sv. missf.		Sv.
Syratal	Max. mgKOH/g	--	--	--	--	0,
Hartstal (Indunstn. rest)	Max. mg/100ml	5	5	10	--	6
Accelererat harts 7 tim. (AN-F-34)	"	8	8	--	--	--
D:o 16 timmar	"	--	--	20	--	--
Bromtal	Max.	3,0	3,0	14	--	--
Ångtryck	Max. kg/cm ²	--	0,14	0,35-0,49	0,20	--
Eff. värmevärde	Min.	--	--	10100	10310	103
Vattentolerans	vol %		Omedelbar grumling		--	Max
Olöst vatten		--	--	--	--	Ins
Mek. föroreningar		--	--	--	--	Ins
Inhibitor mängd	Max. g/1000l	--	--	24	--	Ins
Färg			Saybolt + 12 Min.			Max
Aromater(+olefiner)	Max. vikt %					ex
" "	Max. vol %	20	20	30	8,6	
Naftener	vol %				57,4	
Paraffiner	vol %				85,5	
Aromatiska C atomer	%					
Nafteniska C atomer	%					
Paraffiniska C atomer	%					
C	%				85,3	
H	%				14,3	

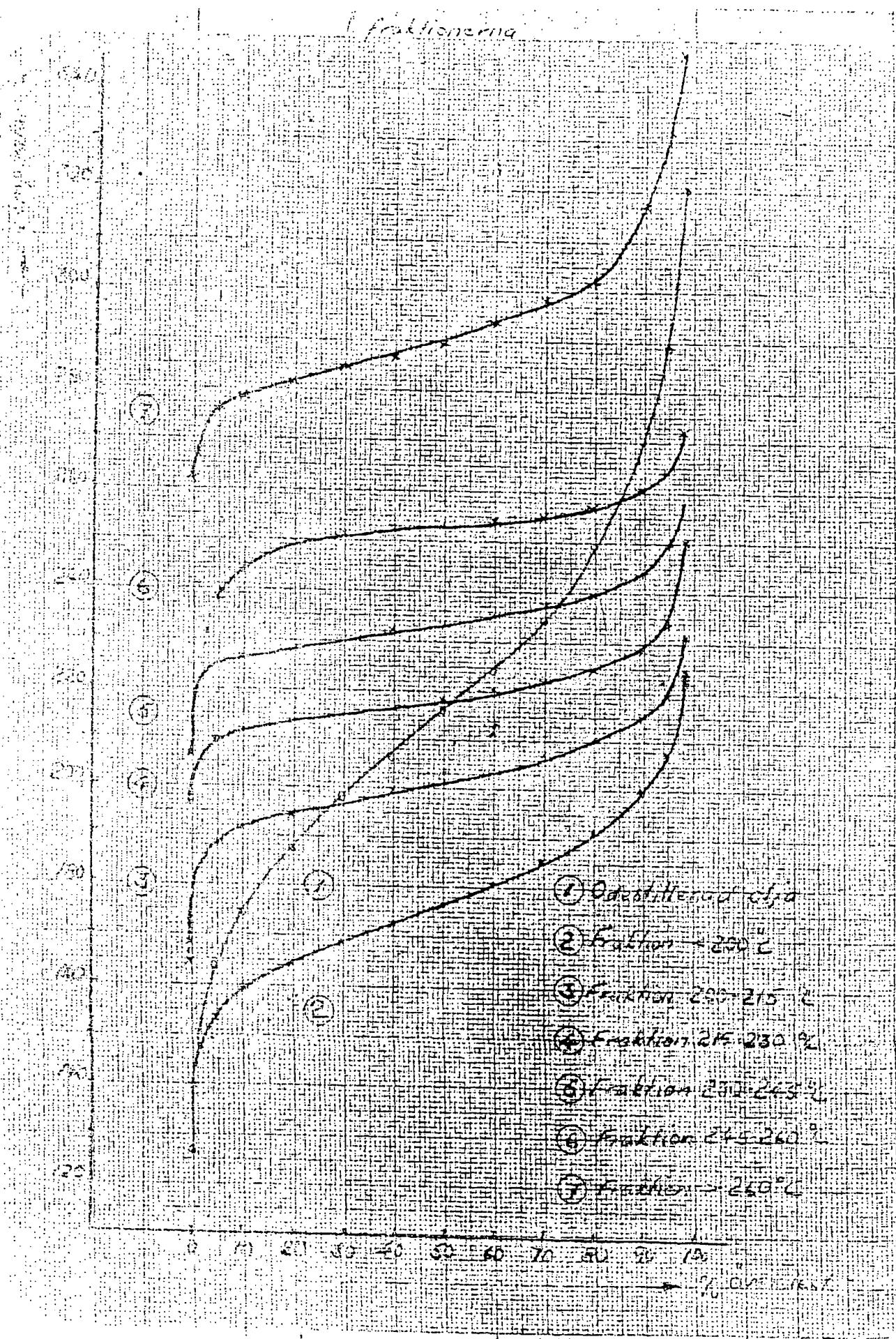
Flyg Fotogen MC 75	Toppad hydrerad Ljungströmolja.							Öydrer. Sj-olja Frakt. 180-230
	Odest.	Frakt. 200-215	Frakt. 215-230	Frakt. 230-245	Frakt. 245-260	Rest. >260	Frak. <200	
--	55,6	34,8	32,3	30,2	28,9	26,8	--	--
	0,857	0,851	0,864	0,875	0,882	0,894	--	0,855
0,850	0,853	0,847	0,860	0,871	0,878	0,890	--	--
58	44	62	76	88	(82)	123	--	--
--	ca 8,5	ca 545	ca 11	ca 22	ca 40	--	--	--
Mat 6	4,6	3,4	5,4	9,0	12,5	ca 67	--	5,90(-20°C)
--	1,9	1,7	2,0	2,4	2,8	5,5	--	--
--	<-60	<-60	<-60	<-60	<-60	-58	--	--
-55	<-60	<-60	<-60	<-60	<-60	--	--	-75
	126	168	196	206	(164)	261	139	169
	174	191	211	225	243	278	159	186
200	187	194	213	226	249	281	164	189
	216	201	218	233	253	289	178	199
	270	215	228	244	260	317	199	225
300	320	231	245	258	272	347	224	237
2,0	1,4	0,9	1,3	1,3	1,5	1,4	1,4	--
	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5	0,1	4,0
0,10	0,05	0,01	0,01	0,01	--	0,15	--	1,3
Sv.missf.	St.missf.	Ing.missf.	--	Mkt.	sv.missf.	St.	korr.	--
0,1	0,09	0,04	--	0,04	--	0,06	--	--
5		1	--	1	--	--	--	16
--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,6	--	Jodtal=70
--	0,01	0,01	--	--	--	--	--	--
10300	10100 ^z	10100 ^z	10100 ^z	10100 ^z	10000 ^z	10000 ^z	--	9740
Mat 2,0	--	--	--	--	--	--	--	--
Injet	--	--	--	--	--	--	--	--
Ingen	--	--	--	--	--	--	--	--
Mär färgl. ex gulakt.	gulakt.	färglös		svagt gul		gul		
43 ^x	44 ^x	45 ^x		47 ^x	45 ^x	38 ^x		
42 ^x	43 ^x	45 ^x		47 ^x	46 ^x	39 ^x		59
							--	--
34	27	29	34	31	26	--	--	--
21	32	25	19	28	52	--	--	--
45	41	46	47	41	22	--	--	--
67,46	87,63	87,74	88,03	87,89	87,98	--	86,8	
11,89	12,45	12,31	11,92	11,94	12,00	--	12,8	

Föreslagen norm för flygfotogen MC 75.

Kungl.	Grupp: Flygmotorbränslen	Norm
Flygförvaltningen.	Typ: Flygfotogen	MC 75
Materialbeteckning.	MC 75 (varubeteckning: flygfotogen)	

Sammensättning: Flygfotogen MC 75 skall bestå uteslutande av kolväten med undantag av erforderliga tillsatser av inhibitorer (ämnen som förhindra oxidation). Bränslet får icke innehålla ämnen som orsaka onormala avsättningar i och angrepp på reaktions motorer och bränsle-system för flygfotogen.

Utseende:				
Färg				klar, färglös (ewgulak)
olöst vatten				inget
Mekaniska förändringar				inga
Specifik vikt 20/4 °C			Max	0,810
Knackningsvärde				
vid mager blandning			Min	
vid rik blandning			Min	
Elytetraethyl		vol. %	Max	
Destillation				
temp. för överd. av 20vol%	°C		Max	200
" " - 50 "	°C		Max	
" " - 90 "	°C		Max	
Summa " - 10 och 50"	°C		Max	
sluttemperatur	°C		Max	300
rest och förlust	vol %		Max	3,5
förlust	vol %		Max	1,5
Reaktion på destillationsrest	°C			
Kristallisationspunkt	Vol %		Max	- 55
Vattentolerans	mg/100ml		Max	2,0
Indunstningsrest (hartstal)	kg/cm ²		Max	6
Ångtryck			Max	
Korrosivt svavel			Max	Korrosion får ej upps
Halt svavel	Vikts %		Max	En svag missf. av
Aromatiska kolväten	" -		Max	Cn-blecket dock tillå
Viskositet vid -18°C	cSt		Max	0,10
Flampunkt	°C		Max	20
Eff. värmevärde	kcal/kg		Max	6
Neutralisationstal	mgKOH/g		Min	38
			Max	10300
			Max	0,1



Permutation

Offset vs. Azimuth

Y-axis: Offset (100 to 150)

X-axis: Azimuth (0 to 200)

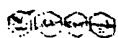
Legend:

- Nose dipole (Open circles)
- Nose - reflection (Open squares)
- Bullseye - reflection (Open triangles)
- Nose - transmission (Open diamonds)

Azimuth	Nose dipole	Nose - reflection	Bullseye - reflection	Nose - transmission
0	134.0	133.0	132.0	131.0
50	133.0	132.0	131.0	130.0
100	132.0	131.0	130.0	129.0
150	131.0	130.0	129.0	128.0
200	130.0	129.0	128.0	127.0

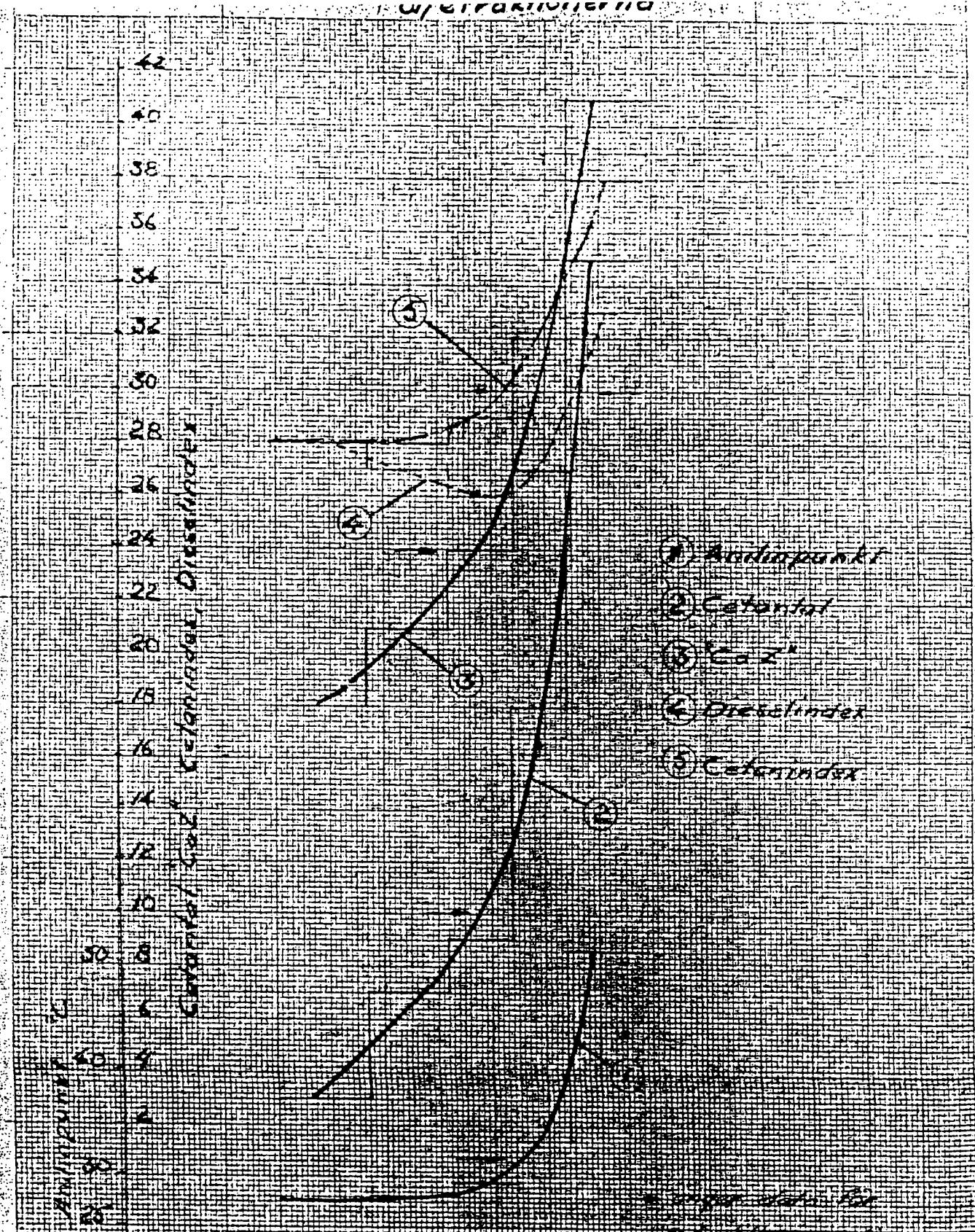
31 3 A 4

July 1, 1988



ESSAYS

4446



3 A 4

Fig. 10 mm

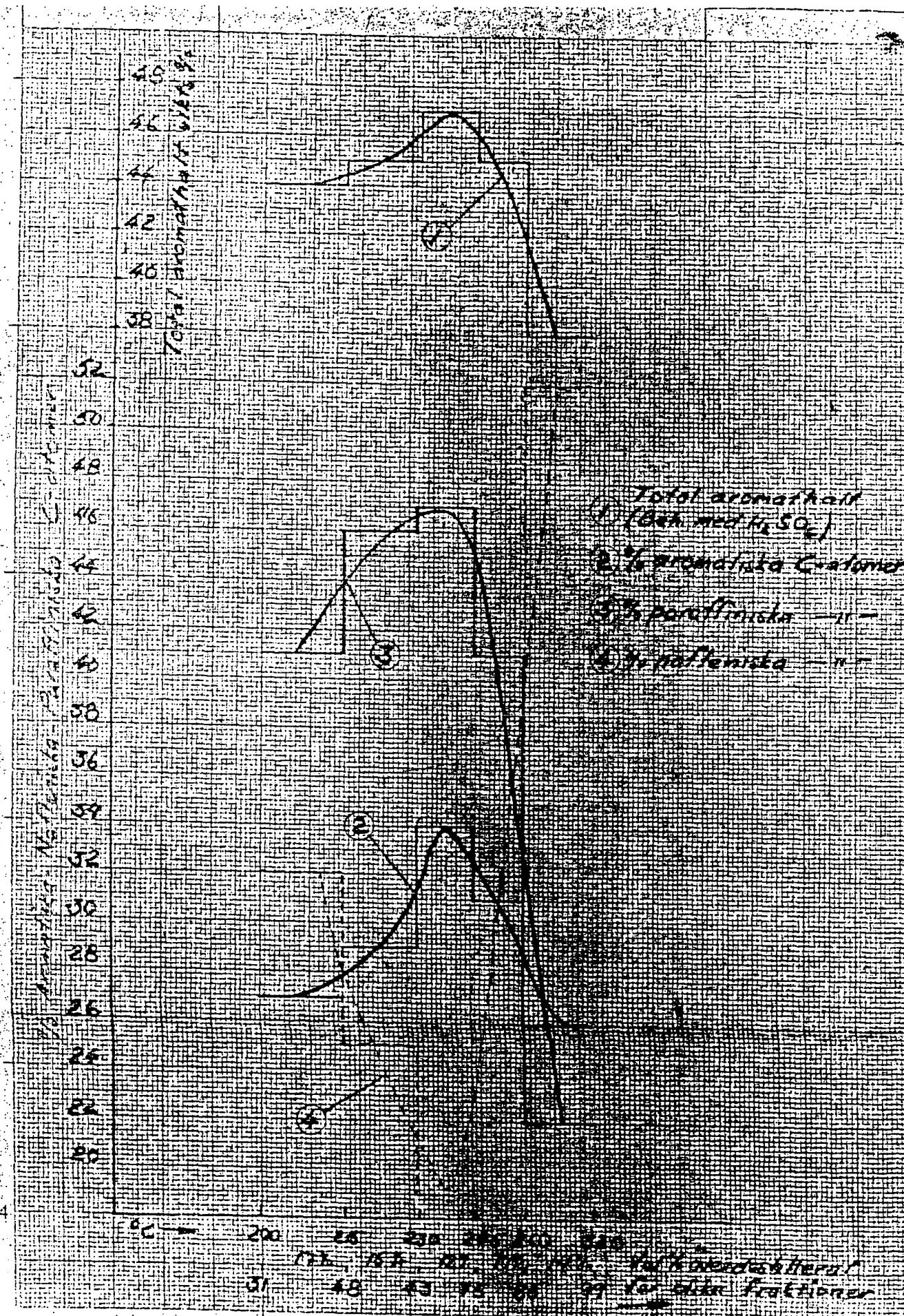
१३३१

ESSAYS

16 200 24 250 27 245 300

卷之三

100 % overdestillerat



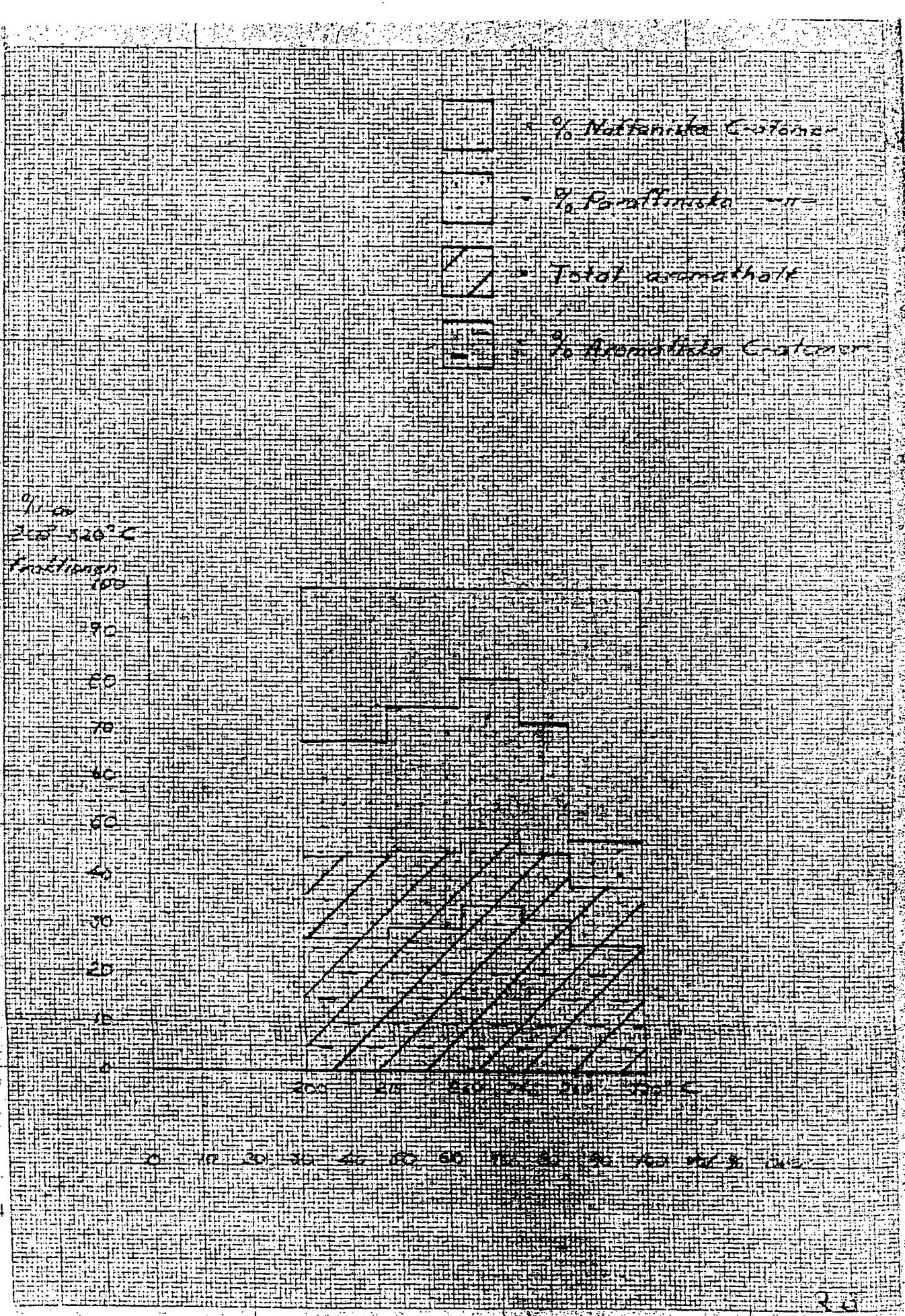
3 A. 4

127 (1988)

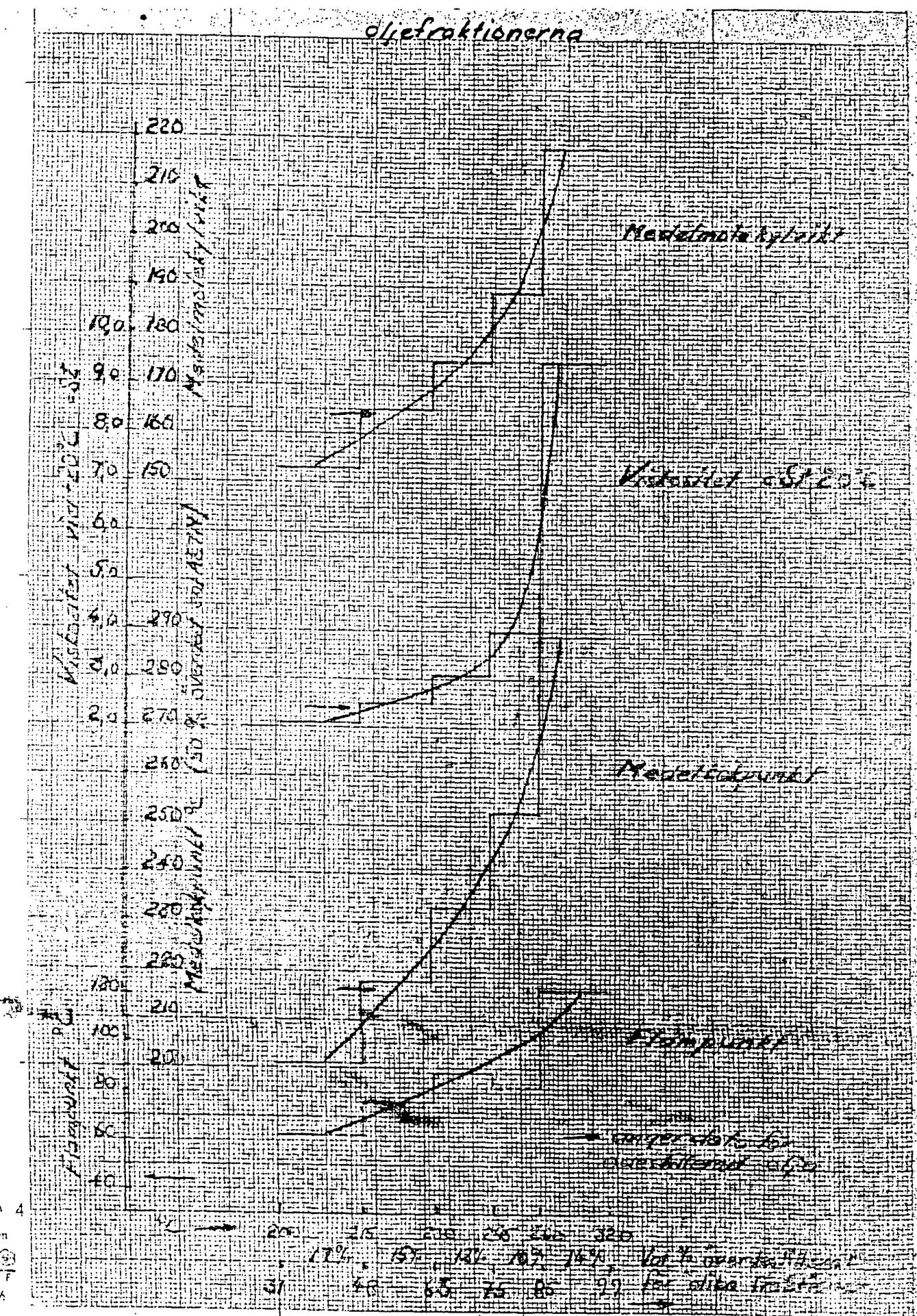
ପ୍ରକାଶକୀ

FEB 11 1978

N.Y. 4446



3 2A 4
1000 men
1000000
Mr. 4444



W 3 A 4
1-1 mm
TEN-TEST
P-4446

för oljefractionerna.

